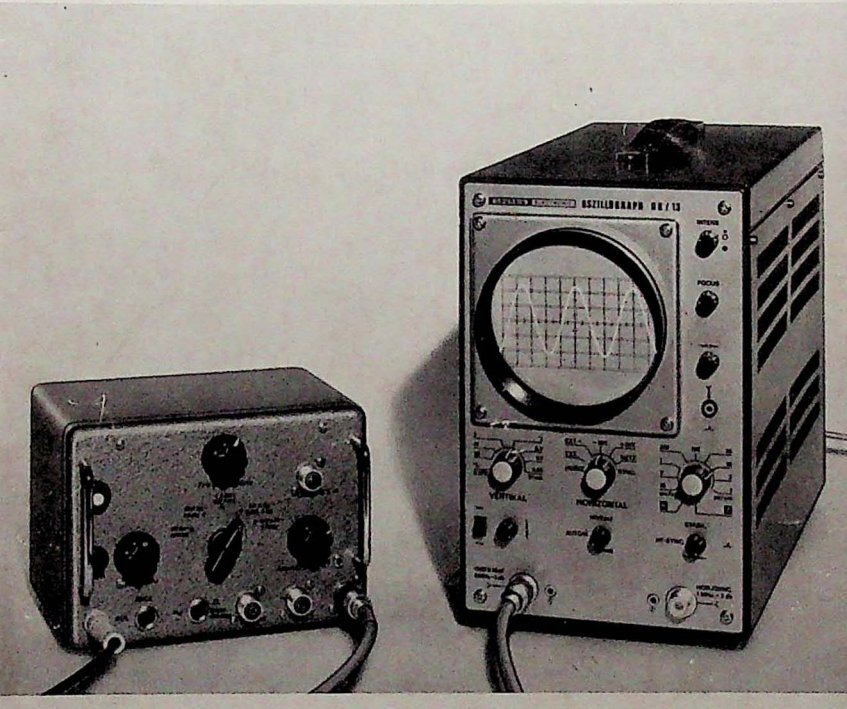
Winke und Kniffe 2

für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker



Von Helmut Meyer

60 Abbildungen im Text

LEHRMEISTER BÜCHEREI 3,-

Helmut Meyer

Winke und Kniffe für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker

Band 2

Prüfen und Messen
in Funktechnik und Elektronik,
Werkstattpraxis

60 Bilder im Text

Lehrmeister-Bücherei Nr. 2014
Albrecht Philler Verlag · 495 Minden

Das gesamte Thema „Winke und Kniffe für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker" besteht aus 3 Bänden.

Die Titel der Bände 1 und 3 lauten:

Band 1:

Die funktechnischen und elektronischen Bauelemente
und ihre Anwendung in der Praxis,
Bau einer Wickelmaschine für Spulen und Transformatoren sowie eines kombinierten Batterie-Lade- und Transistor-Speisegerätes
(LB Nr. 2013)

Band 3:

Schaltungstechnik, Praktischer Gerätebau, Fehlersuche
(LB Nr. 2015)

Das Titelbild zeigt den selbstgebauten Sinus-Rechteck-Generator zusammen mit dem Grundig-Oszillografen G 8/13
(Aufnahme: Grundig-Werke GmbH)

Alle Rechte vorbehalten

Satz: E. Sommer, Ahlen
Druck: August Warnecke, Obernkirchen
Bindearbeiten: Wilhelm Altvater, Todtenhausen
ISBN 3 7907 2014 3
47275

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 6

I. Prüfen und Messen 7

A. Selbstbau einfacher Prüf- und Meßeinrichtungen . 7

1. Durchgangsprüfer für niederohmige Schaltelemente 7

2. Durchgangsprüfer für hochohmige Schaltelemente 9

3. Erweiterung des Meßbereiches von Spannungs- und Strommessern 11

4. Selbstbau eines Vielfachmeßgerätes . . . 13

5. Ein einfaches Widerstands-Meßgerät . . . 16

6. Prüfgerät für Kondensatoren 19

7. Ein Transistor- und Dioden-Tester . . . 21

B. Strom-, Spannungs- und Widerstandsmessungen . 23

1. Vielfachmeßgeräte und ihre Anwendung in der Praxis 23

2. Ohmmeter 29

3. Widerstandsmeßbrücken 32

4. Elektronische Voltmeter 35

5. Scheinwiderstandsprüfer 38

C. Kapazitäts- und Induktivitätsmessungen . . . 43

1. Kapazitätsmeßgeräte 43

2. Induktivitätsmeßgeräte 47

3. Kombinierte R-, C- und L-Meßgeräte . . . 50

D. Prüfgeneratoren und Signalverfolger 54
1. Prüfsender 54
2. Sinusgeneratoren 56
3. Rechteckgeneratoren 59
4. Selbstbau eines kombinierten Sinus-Rechteck-Generators 61
5. Signalverfolger 67

E. Der Oszillograf als Prüf- und Meßgerät . . . 70
1. Allgemeines 70
2. Aufbau und Wirkungsweise 71
3. Impulsdauer- und Frequenzmessungen . . 77
4. Phasenmessungen 79
5. Prüfen von NF-Verstärkern 80

II. Werkstattpraxis 82

A. Einrichten einer kleineren Rundfunk- und Elektronik-Werkstatt 82
a) Mechanische Ausstattung 82
1. Der Arbeitstisch 82
2. Werkzeuge 83
3. Vorratshaltung von Werkstoffen . . . 84
4. Aufbewahrung von Kleinteilen . . . 84
b) Elektrische Ausstattung 85
1. Einrichten des Arbeitsplatzes 85
2. Hinweise zum Bau einer Schalttafel . . 86
3. Werkzeuge und sonstige Hilfsmittel . . 88
4. Prüfschnüre und ihre Aufbewahrung . . 89

B. Gerätegestelle und -Gehäuse 90
1. Allgemeines 90

2. Gestellformen 92
3. Zuschneiden von Aluminiumblechen . . . 94
4. Anbringen von Löchern und Aussparungen . 95
5. Biegen und Winkeln 96

C. Verdrahten und Schalten 97
1. Abisolieren von Schaltdrähten 97
2. Löten — aber richtig! 98
3. Biegen von Ösen 99
4. Das Klemmen von Schaltlitzen 100
5. Lötleisten 100
6. Lochrasterplatten 101
7. Montageplatten mit Hohlnieten 102
8. Platten mit Leiterbahnen 102
9. Gedruckte Schaltungen 103
10. Befestigen des Netzanschlußkabels . . . 104

D. Werkstattwinke 104
1. Schmiermittel erleichtern das Bohren . . . 104
2. Oberflächenbearbeitung von Aluminium . . 105
3. Anbringen von Schrauben an schwer zugänglichen Stellen 105
4. Kürzen von Gewindeschrauben 106
5. Einziehen von Holzschrauben in Hartholz . . 106
6. Verlängern von Bedienungsachsen 107
7. Beschriften von Frontplatten 107
8. Entgraten von Löchern 108
9. Vereinfachung von Versuchsaufbauten . . 108

Vorwort zur 4. Auflage

Nachdem im ersten Band der Buchreihe „Winke und Kniffe für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker" die funktechnischen und elektronischen Bauelemente und ihre Anwendung in der Praxis behandelt worden sind, wird jetzt auf das Prüfen und Messen sowie auf die Werkstattpraxis eingegangen.

Bekanntlich ist jede praktische Tätigkeit an die Benutzung von Werkzeugen gebunden. In der Radiotechnik und in der Elektronik werden jedoch nicht allein Handwerkzeuge, sondern auch Prüf- und Meßeinrichtungen benötigt. Diese stellen den überwiegenden Teil der Ausrüstung dar. Dem Thema „Prüfen und Messen" ist deshalb in vorliegendem Band ein verhältnismäßig breiter Raum gewidmet. Im ersten Abschnitt des Buches sind einige einfache Prüf- und Meßgeräte beschrieben, deren Selbstbau auch dem Anfänger keine Schwierigkeiten bereiten dürfte. Sie stellen einen Grundstock dar, der im Laufe der Zeit durch weitere Geräte, über die im Anschluß gesprochen wird, auszubauen ist.

Den Firmen Gossen GmbH, Grundig Werke GmbH, Hartmann & Braun AG, Intermetall, Paul Leistner GmbH, Neuberger Meßinstrumente KG, Philips, Rohde & Schwarz, Sennheiser electronic und AEG-Telefunken danke ich für die feundliche Überlassung technischer Unterlagen.

München, 1972

Helmut Meyer

I. PRÜFEN UND MESSEN

A. Selbstbau einfacher Prüf- und Meßeinrichtungen

1. Durchgangsprüfer für niederohmige Schaltelemente

In der Praxis ist es oft notwendig, HF-Spulen, Schalter, Sicherungen, Heizfäden von Röhren sowie Leitungen auf elektrischen Durchgang zu prüfen. Hierzu braucht man ein entsprechendes Prüfgerät. Es kann mit wenigen Mitteln selbst angefertigt werden.

Im einfachsten Fall braucht man hierzu nichts weiter als eine 4,5-V-Taschenlampenbatterie, eine Taschenlampenbirne 3,8 V (0,07 A) nebst Fassung sowie zwei Telefonbuchsen.

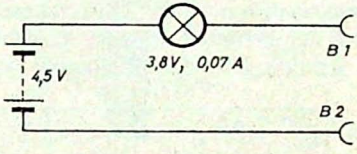


Bild 1: Durchgangsprüfer für Batteriebetrieb

Diese Teile werden in ein kleines Gehäuse aus Kunststoff ei. gebaut und so geschaltet, wie Bild 1 zeigt. Steckt man in die Buchsen je eine mit Bananensteckern versehene Prüfschnur und berührt mit den Enden der Schnüre die Anschlüsse des Prüflings, so leuchtet das Lämpchen bei Durchgang auf. Die mit diesem Prüfgerät zu untersuchenden Bauelemente dürfen einen Widerstand von höchstens etwa 100 Ω aufweisen. Bei größeren Widerstandswerten ergibt sich ein zu kleiner Strom, so daß die Lampe nicht mehr aufleuchtet. Hat man mit dem Gerät erst einige Erfahrung gewonnen, ist man sogar imstande, vom jeweiligen Helligkeitsgrad der Lampe grob auf den Widerstandswert des Prüflings zu schließen.

Als Spannungsquelle kann statt der Taschenlampenbatterie auch ein Transformator dienen, der aus dem Lichtnetz gespeist wird. Gut geeignet ist ein Heiztransformator mit 6,3 V Ausgangsspannung und einer Belastbarkeit von 1 A, da ein solcher verhältnismäßig kleine Abmessungen besitzt. Als Lampe kann entweder eine Radio-Skalenlampe 7 V, 0,3 A oder eine Lampe 6 V, 0,05 A benutzt werden. Mit ersterer können Bauteile bis zu etwa 30 Ω Widerstand geprüft wer-

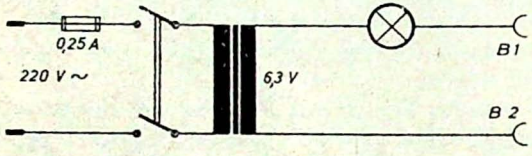


Bild 2: Durchgangsprüfer für Netzbetrieb

den, mit letzterer solche bis zu 200 Ω. Die Schaltung ist gemäß Bild 2 auszuführen. Der Transformator, das Sicherungselement und der Schalter müssen natürlich berührungssicher eingebaut werden. Für das Netzkabel wählt man einen

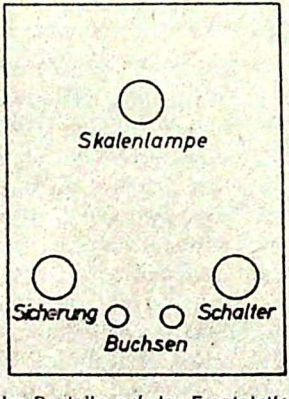


Bild 3: Anordnung der Bauteile auf der Frontplatte des netzbetriebenen Durchgangsprüfers

Querschnitt von 0,75 mm² je Ader. Wird kein Kunststoff-, sondern ein Metallgehäuse verwendet, so ist ein 3adriges Kabel erforderlich. Die dritte Ader (grün/gelb bzw. rot) verbindet den Schutzkontakt des Netzsteckers mit dem Gehäuse. Für die Telefonbuchsen ist in diesem Fall selbstverständlich eine isolierte Ausführung zu wählen. Bild 3 zeigt einen Vorschlag für die Anordnung der Bauteile auf der Frontplatte des Gerätes.

2. Durchgangsprüfer für hochohmige Schaltelemente

Zur Überprüfung von Bauteilen mit einem höheren Ohmwert, beispielsweise von Drosseln, Transformatoren und Widerständen, kann man sich eines Gerätes gemäß Bild 4 bedienen. Anstelle des Heiztransformators wird ein sogenannter Netztransformator verwendet. Die Anodenwicklunug (200 bis

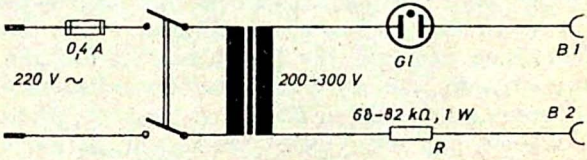


Bild 4: Durchgangsprüfer mit Glimmlampe

300 V) steht über die Glimmlampe Gl und den Schutzwiderstand R mit den Buchsen B 1 und B 2 in Verbindung. Von letzteren aus führen die Prüfschnüre zum Prüfling. Hat dieser Durchgang, so wird der Stromkreis geschlossen und die Lampe leuchtet auf.

Die Belastung der Sekundärwicklung durch den Prüfstrom ist mit rund 3 mA so gering, daß man mit der kleinsten überhaupt erhältlichen Transformatortype immer noch reichlich auskommt. Als Glimmlampe sollte man möglichst eine Ausführung mit Gewinde E 14 (ohne eingebauten Vorwiderstand) wählen. Die kleineren Typen mit Gewinde E 10 geben

nämlich nur ein verhältnismäßig schwaches Licht ab, während die größeren mit Gewinde E 27 reichlich viel Platz beanspruchen.

Der Aufbau des Gerätes kann ebenfalls nach Bild 3 vorgenommen werden. Die Fassung für die Glimmlampe wird man so tief in das Gehäuse einsetzen, daß nur das obere Drittel des Glaskolbens nach außen ragt. Auf diese Weise ist die immerhin gut 5 cm lange Lampe besser gegen Beschädigung durch Stoß geschützt.

Es können mit dem Gerät Widerstände bis zu etwa 2 MΩ geprüft werden. Nach einiger Erfahrung damit ist man gleichfalls imstande, aus dem Helligkeitsgrad der Lampe Rückschlüsse auf den Widerstandswert des Prüflings zu ziehen.

Der eine oder der andere Leser wird sich jetzt vielleicht fragen, ob denn ein Durchgangsprüfer nach Bild 4 einen solchen nach Bild 1 oder 2 nicht völlig überflüssig macht. Das ist keineswegs der Fall. Zum Prüfen von Schaltern, HF-Spulen und anderen niederohmigen Bauteilen sollte man stets das Gerät mit Glühlampe benutzen. Es läßt nämlich schädliche Übergangswiderstände, die beispielsweise an Schalterkontakten oder an sogenannten kalten Lötstellen durch Oxydation entstehen können, mit viel größerer Sicherheit als das Glimmlampen-Gerät erkennen, dessen höhere Prüfspannung derartige Stellen meist überwindet, so daß man den Fehler dann gar nicht feststellen kann.

Die Durchgangsprüfer nach Bild 2 und Bild 4 können natürlich auch vereinigt werden, so daß man mit einem Gehäuse allein auskommt. In diesem Fall wird die Glühlampe aus der Heizwicklung des Netztransformators gespeist, die ja immer vorhanden ist. Wer das in Kapitel 6 dieses Abschnitts beschriebene Kondensator-Prüfgerät bauen möchte, kann auf die Prüfschaltung Bild 4 verzichten, weil deren Funktion von diesem Gerät miterfüllt wird. Es ist dann lediglich noch der Durchgangsprüfer mit Glühlampe erforderlich. Er läßt sich leicht in das Kondensator-Prüfgerät einfügen.

3. Erweiterung des Meßbereiches von Spannungs- und Strommessern

Mancher Praktiker ist im Besitz von Meßinstrumenten, die er wegen des zu kleinen Meßbereiches für bestimmte Zwecke nicht benutzen kann. Es bereitet indessen keine große Mühe, den Bereich eines solchen Gerätes zu erweitern, einerlei, ob es sich um ein Voltmeter, ein Amperemeter oder um ein Milliamperemeter handelt. Die Art des Meßwerkes, also Drehspul- oder Dreheisensystem, ist hierbei ohne Bedeutung.

Als Beispiel sei angenommen, ein Voltmeter besitze einen Meßbereich von 0—50 V, der auf 0—250 V erweitert werden soll. Hierzu ist dem Gerät ein Widerstand Rv vorzuschalten, an dem bei Vollausschlag die Spannung 250 V − 50 V = 200 V abfällt (Bild 5). Ist der Eigenwiderstand des Instrumentes bekannt, kann der benötigte Vorwiderstand leicht bestimmt werden. Er muß das 4fache des Instrumentenwiderstandes betragen. Oft kennt man den letzteren jedoch nicht.

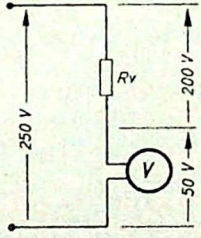


Bild 5: Meßbereichserweiterung eines Spannungsmessers

In diesem Fall ist eine Vergleichsspannung erforderlich. Man legt sie über einen zunächst sehr großen Widerstand (Größenordnung einige Megohm) an das Instrument an, so daß sich nur ein verhältnismäßig kleiner Zeigerausschlag ergibt. Danach verringert man den Widerstandswert schrittweise so lange, bis das Meßgerät den Wert der Vergleichsspannung anzeigt. Bei der Ablesung muß natürlich berücksichtigt werden, daß der angezeigte Wert mit dem Erweiterungsfaktor

zu multiplizieren ist. Er beträgt in vorgenanntem Beispiel 5.

Selbstverständlich muß der Vorschaltwiderstand auch belastungsmäßig richtig dimensioniert werden, damit er durch den Meßstrom nicht nennenswert erwärmt wird. Andernfalls würde sich sein Wert verändern und die Meßgenauigkeit abnehmen (vgl. Band 1, Seite 9).

In umgekehrter Weise erfolgt die Meßbereichserweiterung bei einem Strommesser. Hier wird dem Instrument ein Widerstand parallel geschaltet. Man spricht dabei von einem Nebenwiderstand oder Shunt. Bild 6 zeigt ein Beispiel. Gegeben ist ein Milliamperemeter mit einem Meßbereich von 0—60 mA,

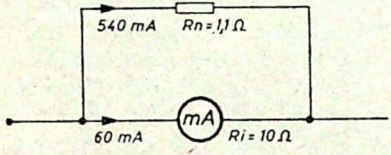


Bild 6: Meßbereichserweiterung eines Strommessers

der auf 0—600 mA erweitert werden soll. Der Nebenwiderstand ist folglich so zu bemessen, daß er bei Vollausschlag den Strom 600 mA − 60 mA = 540 mA übernimmt, während die übrigen 60 mA über das Meßwerk fließen. Dies bedeutet, daß für den Shunt ein Widerstandswert von einem Neuntel des Instrumentenwiderstandes Ri benötigt wird. Da Ri = 10 Ω ist, muß Rn also 1,1 Ω betragen.

Die Werte von Nebenwiderständen sind stets verhältnismäßig klein. Sie bewegen sich je nach Art und Konstruktion des betreffenden Strommessers zwischen Bruchteilen eines Ohm und 100 Ohm. Um den geforderten Wert richtig zu erhalten, kann man einen Drahtwiderstand benutzen, der etwas größer ist. Man schließt diesen gemäß Bild 6 an das Instrument an und gleicht ihn dann ab.

Auch bei bekanntem Innenwiderstand ist zur Bereichserweiterung von Strommessern ein Vergleichsstrom erforder-

lich. Man kann den Nebenwiderstand zwar genau berechnen, doch ist es im Gegensatz zur Bereichserweiterung von Spannungsmessern in den meisten Fällen nicht möglich, diesen Wert von vornherein zu realisieren. Dies trifft insbesondere für Shunts unter etwa 20 Ω zu. Manchmal wird als Nebenwiderstand lediglich ein Stück Widerstandsdraht verwendet, das man aufspult und dann Stück um Stück kürzt, bis der richtige Wert erreicht ist. Bei unbekanntem Instrumentenwiderstand beginnt man mit der Einstellung des Shunts von kleinsten Werten aus, um eine Überlastung des Meßwerks zu vermeiden.

Soweit mit Vergleichswerten gearbeitet wird, sollte man sowohl bei Spannungs- als auch bei Strommessern die Bereichserweiterung in der Nähe des Skalenendpunktes vornehmen, weil hier die Meßgenauigkeit am größten ist.

4. Selbstbau eines Vielfachmeßgerätes

Das für den Praktiker zweckmäßigste Meßinstrument ist ein Gerät mit mehreren Spannungs- und Strombereichen, das für Gleich- und für Wechselstrom und möglichst auch zu Widerstandsmessungen verwendet werden kann. Wer zunächst nur geringe Ansprüche stellt und sich mit einem Gerät begnügt, das lediglich Gleichstrom- und Gleichspannungsmessungen erlaubt, kann ein vorhandenes Drehspulinstrument zu einem solchen Vielfachmesser ausbauen.

Das Instrument sollte einen Vollausschlag von 0,1 mA, höchstens jedoch 1 mA besitzen. Dieser Wert ist aus der Skaleneichung ersichtlich. Kennt man fernerhin den inneren Widerstand des Meßwerks, so können die für die vorgesehenen Meßbereiche erforderlichen Vor- und Nebenwiderstände rechnerisch ermittelt werden. Man wird sie später noch abgleichen, um eine möglichst hohe Meßgenauigkeit zu erzielen. Ist der Eigenwiderstand hingegen unbekannt, so sind die Vor- und Nebenwiderstände durch Versuche zu ermitteln.

In Bild 7 ist die Schaltung eines Vielfachmeßgerätes mit 4 Spannungsbereichen (1, 10, 100 und 1000 V) und mit 4 Strombereichen (0,1, 1, 10 und 100 mA) angegeben. Das Instrument möge ein Mikroamperemeter mit 100 µA Vollausschlag (= 0,1 mA) und mit 500 Ω innerem Widerstand sein.

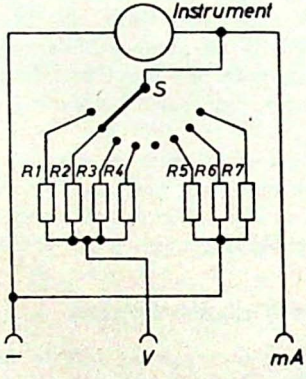


Bild 7: Schaltung eines Vielfachmeßgerätes

In den Spannungsbereichen ist der angezeigte Wert demnach mit 0,01, 0,1, 1 und 10 malzunehmen, um die Spannung in Volt zu erhalten, in den Strombereichen mit 0,001, 0,01, 0,1 und 1, damit sich der Strom in mA ergibt. Bei Spannungsmessungen wird das Gerät an den Buchsen — und V angeschlossen, bei Strommessungen an den Buchsen — und mA. Das Umschalten sowohl der Spannungs- als auch der Strombereiche erfolgt mittels des Schalters S, der eine sichere Kontaktgabe haben muß. Die Vorwiderstände R 1 — R 4 für die Spannungsbereiche halten dem Meßwerk die überschüssige Spannung fern. Zum Ausschlagen des Zeigers bis an den Skalenendpunkt ist die Spannung $U = I \cdot R = 0{,}1 \cdot 0{,}5 = 0{,}05$ V erforderlich. Mithin muß R 1 bei Vollausschlag 0,95 V vernichten, R 2 9,95 V, R 3 99,95 V und R 4 999,95 V. Da

alle Widerstände ohnehin noch abgeglichen werden, rundet man diese Zahlen auf 1, 10, 100 und 1000 ab. Hieraus errechnen sich die Vorwiderstände wie folgt:

$$R\,1 = \frac{U\,1}{I} = \frac{1}{0{,}1} = 10\ k\Omega$$

$$R\,2 = \frac{U\,2}{I} = \frac{10}{0{,}1} = 100\ k\Omega$$

$$R\,3 = \frac{U\,3}{I} = \frac{100}{0{,}1} = 1\ M\Omega$$

$$R\,4 = \frac{U\,4}{I} = \frac{1000}{0{,}1} = 10\ M\Omega$$

Im kleinsten Strombereich (0,1 mA) darf das Meßwerk keinen Nebenwiderstand erhalten, weil dieser Bereich ja dem Vollausschlag entspricht. Bei 1, 10 und 100 mA muß dem Instrument der überschüssige Strom ferngehalten werden. R 5 hat also 0,9 mA zu übernehmen, R 6 9,9 mA und R 7 99,9 mA. Rundet man die Zahlen auf 1, 10 und 100 mA ab, so ergeben sich für die Nebenwiderstände folgende Werte:

$$R\,5 = \frac{U}{I\,2} = \frac{0{,}05}{0{,}001} = 50\ \Omega$$

$$R\,6 = \frac{U}{I\,3} = \frac{0{,}05}{0{,}01} = 5\ \Omega$$

$$R\,7 = \frac{U}{I\,4} = \frac{0{,}05}{0{,}1} = 0{,}5\ \Omega$$

Analog zu dem aufgezeigten Rechengang lassen sich auch für Instrumente mit anderen Daten die Vor- und Nebenwiderstände ermitteln. Die Wahl der Meßbereiche kann in jedem Fall beliebig getroffen werden.

5. Ein einfaches Widerstands-Meßgerät

Die zu Anfang des Buches beschriebenen Durchgangsprüfer leisten in der Praxis wertvolle Dienste. Sie sind jedoch Prüf- und keine Meßgeräte und eignen sich deshalb nicht zur genaueren Ermittlung von Widerstandswerten. Hierzu braucht man ein Ohmmeter. Werden keine hohen Ansprüche an den Umfang des Meßbereiches gestellt, kann man ein solches Gerät mit einfachen Mitteln selbst bauen.

Bild 8 zeigt die Schaltung. Das Instrument besitzt ein Drehspul-Meßwerk mit einem Vollausschlag von 1 mA. Als Stromquelle dient eine 4,5-V-Batterie. Ihre Anschlüsse führen über

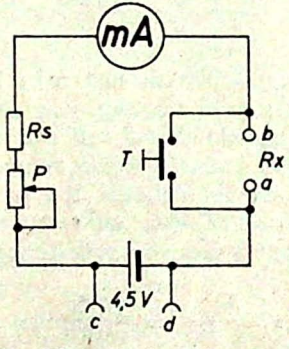


Bild 8: Schaltung eines Ohmmeters

die Klemmen a und b für den zu messenden Widerstand R x sowie über das Potentiometer P (5 kΩ) und den Widerstand R s (2,2 kΩ) zum Instrument. Parallel zu den Klemmen a und b liegt ein Kürzschlußtaster T, der beim Justieren des Ohmmeters gedrückt sein muß.

Die Arbeitsweise ist folgende: Schließt man den Widerstand R x an, so fließt über das Instrument ein Strom, dessen Wert einerseits von der Batteriespannung U, zum anderen von Rx, R s und dem an P eingestellten Widerstandswert

abhängt und der an der Skala abgelesen werden kann. Da nun aber die Spannung U und die zwei im Gerät befindlichen Widerstände konstant bleiben, kann das Meßergebnis allein durch den Widerstand R x verändert werden. Ergibt sich nur ein geringer Zeigerausschlag, so läßt dies auf einen hohen Wert von R x schließen. Bei kleinem R x fließt ein entsprechend größerer Strom. Im Grunde findet demnach nicht unmittelbar eine Widerstandsmessung statt, sondern eine Strommessung.

Vor der erstmaligen Inbetriebnahme muß das Meßgerät justiert werden. Hierzu drückt man den Taster und verändert die Einstellung des Potentiometers, vom größten Widerstandswert ausgehend, so lange, bis das Instrument genau 1 mA anzeigt. Damit entspricht dieser Skalenpunkt einem R x von 0 Ω. Nach Loslassen des Tasters gelangt der Zeiger in seine Nullstellung zurück, die nunmehr „R x = ∞" bedeutet. Alle übrigen R x-Werte liegen zwischen diesen Punkten.

Auf Grund der Justierung beläuft sich der wirksame Gesamtwiderstand des Meßkreises bei überbrückten Klemmen auf

$$R\ m = \frac{U}{I} = \frac{4{,}5}{1} = 4{,}5\ k\Omega.$$

Aus diesem Wert, der Spannung U und dem vom Instrument jeweils angezeigten Strom I (mA) kann R x nach der Formel

$$R\ x\ (k\Omega) = \frac{U}{I} - R\ m = \frac{4{,}5}{I} - 4{,}5$$

berechnet werden. Der Einfachheit halber sind die den jeweiligen Strömen entsprechenden R x-Werte nachstehend in einer Tabelle zusammengefaßt, aus der sie nach der Messung gleich abgelesen werden können:

I (mA)	R x (kΩ)	I (mA)	R x (kΩ)	I (mA)	R x (kΩ)
1	0	0,82	1	0,2	17,5
0,98	0,1	0,75	1,5	0,18	20
0,96	0,2	0,69	2	0,15	25
0,94	0,3	0,64	2,5	0,13	30
0,92	0,4	0,6	3	0,08	50
0,9	0,5	0,47	5	0,06	75
0,88	0,6	0,38	7,5	0,04	100
0,86	0,7	0,31	10	0,03	150
0,85	0,8	0,26	12,5	0,02	200
0,83	0,9	0,23	15	0	∞

Der Meßbereich erstreckt sich also von 0 Ω bis zu 200 kΩ.

Es empfiehlt sich, die Tabelle auf ein Stück Papier zu übertragen und dieses an der Vorder- oder der Oberseite des Gerätegehäuses aufzukleben. Wer im Zeichnen gut geübt ist, kann auch eine neue Instrumentenskala anfertigen, die unmittelbar in Kiloohm geeicht wird.

Die Potentiometerachse wird an der Stirnseite mit einer Metallsäge 1—2 mm tief eingeschlitzt, so daß man das Justieren mit einem Schraubenzieher vornehmen kann. Die Batterie sollte von Zeit zu Zeit mit einem Voltmeter überprüft werden (Buchsen c und d). Sofern ihre Spannung infolge Alterung unter 4 V gesunken ist, ersetzt man sie durch eine neue. Ein Ausgleichen der Spannungsdifferenz durch Nachstellen des Potentiometers empfiehlt sich von dieser Grenze an nicht

mehr, weil dann das Meßergebnis schon merklich verfälscht würde.

Selbstverständlich kann das Ohmmeter auch mit einem empfindlicheren Instrument aufgebaut werden. Man muß in diesem Fall aber das Potentiometer und den Schutzwiderstand anders bemessen und auch die Tabelle neu berechnen.

6. Prüfgerät für Kondensatoren

Die in Bild 9 wiedergegebene Schaltung eines Kondensatorprüfgerätes unterscheidet sich von der des Durchgangsprüfers (Bild 4) im Grunde nur dadurch, daß das Prüfen mit Gleichstrom erfolgt. Es wird ein Transformator mit einer Ausgangsspannung von 200—250 V benötigt. Die Belastung durch den Prüfstrom beträgt weniger als 5 mA. Man kann entweder

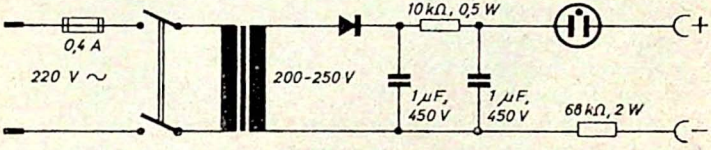


Bild 9: Kondensatorprüfgerät

einen handelsüblichen Netztransformator verwenden oder aber nach den Ausführungen im 1. Band den Transformator selbst wickeln. Die Sekundärwicklung speist einen Selen- oder einen Siliziumgleichrichter, an den sich ein Ladekondensator sowie ein Siebglied anschließen. Es folgen die Glimmlampe, ein Schutzwiderstand zur Strombegrenzung und die Anschlußbuchsen, die entsprechend der Polarität der Prüfspannung mit — und + bezeichnet sind. Die Glimmlampe ist so anzuschließen, daß sich bei Überbrücken der Buchsen nicht der Ring, sondern der großflächigere Teller der Lampe mit Glimmlicht überzieht. (Bei Betrieb an Wechselspannung geht das Licht von beiden Elektroden aus.)

Um einen Kondensator auf seine Brauchbarkeit, das heißt auf die Güte seiner Isolation zu prüfen, schließt man ihn mittels zweier Schnüre an die Buchsen an und beobachtet die Glimmlampe. Ist der Prüfling in Ordnung, ladet er sich an der Gleichspannung auf und bringt hierdurch die Lampe zum Leuchten. Mit fortschreitender Aufladung wird diese jedoch dunkler und erlischt schließlich ganz, sobald die an ihr anliegende Spannung den Wert der Brennspannung unterschreitet. Der Kondensator ladet sich demzufolge auf denjenigen Spannungswert auf, der der Differenz zwischen der Spannung an C 2 und der Brennspannung entspricht und der ungefähr 250 V beträgt. Es dürfen deshalb nur Kondensatoren mit einer Nennspannung ab 250 V mit dem Gerät geprüft werden. Das Leuchten hält um so länger an (bis zu einigen Sekunden), je größer die Kapazität des Prüflings ist. Bei schadhaftem Kondensator bleibt die Lampe brennen, weil in diesem Fall über das nicht mehr ausreichend isolierende Dielektrikum ständig ein Strom fließt.

Statische Kondensatoren können beliebig gepolt an die Buchsen angeschlossen werden. Das Prüfen von Elektrolyt-Kondensatoren muß dagegen unter Beachtung der Polarität geschehen. Infolge des Reststromes, den bekanntlich jeder Elektrolyt-Kondensator aufnimmt, kommt hier die Lampe nicht völlig zum Erlöschen. Sie leuchtet nach der Aufladung noch schwach weiter. (Über das Formieren von Elektrolyt-Kondensatoren kann im 1. Band auf Seite 21 nachgelesen werden.)

Kondensatoren mit einer Kapazität von mehr als 0,25 µF sollten nach dem Prüfen bzw. nach dem Formieren über einen Widerstand von etwa 1 kΩ entladen werden. Andernfalls würde man bei versehentlichem Berühren der Anschlüsse einen elektrischen Schlag bekommen. Einwandfreie Kondensatoren behalten ihre Ladung viele Stunden lang.

Das Gerät ist fernerhin zum Prüfen von Selen- und von Siliziumgleichrichtern mit einer zulässigen Sperrspannung ab

250 V geeignet. Schließt man ein solches Bauteil mit der Katode an den Minuspol und mit der Anode an den Pluspol an, so leuchtet die Lampe hell auf, weil der Gleichrichter dann in Durchlaßrichtung arbeitet. Bei umgekehrter Polung (Sperrrichtung) brennt sie nur schwach oder gar nicht, wenn der Prüfling in Ordnung ist.

Man kann das Gerät auch als Durchgangsprüfer für hochohmige Bauteile benutzen, wodurch sich die in Bild 4 angegebene Schaltung erübrigt. Außerdem läßt es sich als Schluß- bzw. als Isolationsprüfer verwenden. Besitzt der Transformator neben der Wicklung für 200—250 V eine solche für 6,3 V, so kann in das Gerät noch der Durchgangsprüfer für niederohmige Schaltelemente (Bild 2) eingebaut werden.

7. Ein Transistor- und Dioden-Tester

Mit diesem Gerät, dessen Schaltung Bild 10 zeigt, können p-n-p- und n-p-n-Transistoren sowie Germanium- und Siliziumdioden geprüft werden. Zum Anschließen von Transistoren sind die Klemmen C, B und E vorgesehen. Diesen liegen

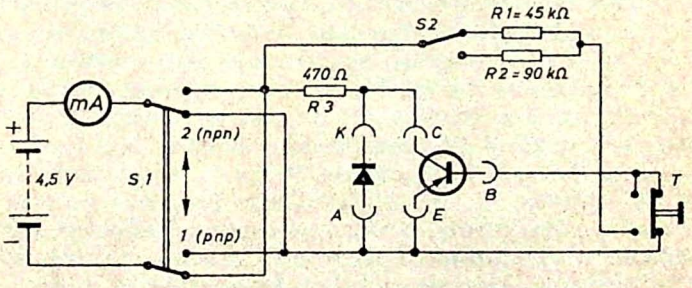


Bild 10: Transistor- und Dioden-Tester

die entsprechenden Anschlüsse der gebräuchlichsten Arten von Transistor-Fassungen parallel (vgl. Band 1, Bild 47), um die Mehrzahl der Prüflinge gleich stecken zu können. Der Über-

sichtlichkeit wegen sind die Fassungen nicht mit eingezeichnet. Die Buchsen A und K dienen zum Anklemmen von Dioden.

Zum Prüfen von p-n-p-Transistoren bringt man den Schalter S 1 in Stellung 1, damit die Spannung der 4,5-V-Batterie richtig gepolt anliegt. Solange der Taster T sich in Ruhestellung befindet, darf das Milliamperemeter (Vollausschlag 10 mA) keinen Strom anzeigen. Die Spannung Basis-Emitter beträgt dann null, so daß auch kein Basisstrom fließt. Ergibt sich trotzdem ein Ausschlag am Meßinstrument, so liegt ein Schluß zwischen Kollektor und Emitter vor. Bei Drücken des Tasters fließt ein Basisstrom von 0,1 bzw. 0,05 mA, je nachdem, ob der Widerstand R 1 oder der Widerstand R 2 eingeschaltet ist. Die verschieden hohen Basisströme rufen unterschiedliche Kollektorströme hervor, die am Milliamperemeter abgelesen werden können. Genau genommen zeigt das Instrument die Summe aus Basis- und Kollektorstrom an. Da ersterer gegenüber letzterem jedoch sehr klein ist, kann man den gemessenen Strom dem Kollektorstrom gleichsetzen. Der Basisstrom beträgt unabhängig von der Transistortype stets 0,1 bzw. 0,05 mA, weil die Widerstände R 1 und R 2 groß gegenüber dem Widerstand der Strecke Basis-Emitter sind. Man kann deshalb mit dem Gerät nicht nur prüfen, ob ein Transistor in Ordnung ist, sondern bei zwei verschiedenen Arbeitspunkten auch seine Stromverstärkung ermitteln. Hierzu dividiert man den jeweiligen Kollektorstrom durch den zugehörigen Basisstrom. Der Begrenzungswiderstand R 3 bewirkt, daß unter keinen Umständen ein Strom von mehr als knapp 10 mA entsteht. Die an R 3 abfallende Spannung kann berechnet werden, indem man den gemessenen Strom mit 0,47 multipliziert. Zwischen Kollektor und Emitter liegen demnach 4,5 V abzüglich des Spannungsabfalls an R 3 an.

n-p-n-Transistoren werden in Stellung 2 des Schalters S 1 geprüft. Stimmen Schalterstellung und Transistorart nicht überein, zeigt das Instrument keinen Strom an. Bei einem unbekannten Transistor kann also durch Betätigen des Schal-

ters S 1 festgestellt werden, ob er vom p-n-p- oder vom n-p-n-Typ ist.

Dioden werden in Schalterstellung 1 auf Durchlaß- und in Schalterstellung 2 auf Sperrverhalten geprüft. In der ersten Stellung ergibt sich ein Strom von 8—9 mA und in der zweiten ein solcher vom Wert null, wenn die Diode gut ist.

B. Strom-, Spannungs- und Widerstandsmessungen

1. Vielfachmeßgeräte und ihre Anwendung in der Praxis

In der Anfangszeit der elektrischen Meßtechnik waren die Meßgeräte jeweils nur für eine Meßgröße ausgelegt und besaßen zumeist auch nur einen Bereich. Heute benutzt der Praktiker hochwertige Universal-Geräte. Viele der angebotenen Modelle sind zugleich Spannungs-, Strom- und Widerstandsmesser. Sie erfassen die verschiedenen Größen in jeweils mehreren Bereichen, getrennt nach Gleich- und Wechselstrom. Das Umschalten sowohl der Meßgrößen als auch der Meßbereiche erfolgt durch einen einzigen Wahlschalter. Hierdurch ergibt sich eine denkbar einfache Bedienung.

Das Hauptmerkmal, nach dem man solche Geräte unterscheidet, ist die Empfindlichkeit. Je höher diese liegt, desto weniger Eigenverbrauch weist das Instrument auf und desto geringfügiger bleibt der hierdurch bedingte Meßfehler. Für die Spannungsbereiche gibt man die Empfindlichkeit in Ohm pro Volt (Ω/V) an. Beträgt diese beispielsweise 5 000 Ω/V, so beläuft sich der innere Widerstand des Gerätes im 3-V-Bereich auf 15 000 Ω, im 150-V-Bereich auf 750 000 Ω und so fort. In den Wechselspannungsbereichen ist die Empfindlichkeit kleiner als in den Gleichspannungsbereichen, weil hier ein Gleichrichter im Meßkreis liegt, durch den das Meßobjekt stärker belastet wird. Der Einfluß der Empfindlichkeit auf die Meßgenauigkeit soll an einem Beispiel erläutert werden. In

einem hochohmigen Spannungsteiler nach Bild 11 sei die Teilspannung U 2 zu messen, die sich rechnerisch zu 10 V ergibt. Wird hierzu ein Instrument mit 20 000 Ω/V benutzt, das auf den Meßbereich 30 V eingestellt ist, so kommt dem Teilerwiderstand R 2 ein Widerstand von 600 000 Ω parallel zu

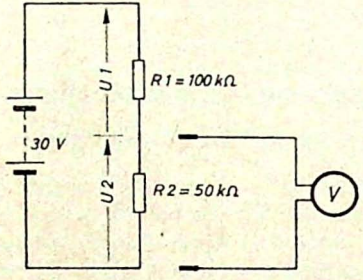


Bild 11: Zur Erklärung des Meßfehlers bei Spannungsmessungen an hochohmigen Teilern

liegen. Hierdurch sinkt die Spannung U 2 von 10 V auf rund 9,5 V, so daß sich ein Meßfehler von 5 % ergibt. Führt man die Messung indessen mit einem Gerät von 3 000 Ω/V aus (gleicher Meßbereich), ist das Meßergebnis nur 7,3 V. Es liegt somit ein Fehler von 27 % vor.

Die Spannungsempfindlichkeit von Vielfachmeßgeräten beträgt im allgemeinen 333 Ω/V bis 50 000 Ω/V. Für den Rundfunk- und Elektronik-Praktiker, der oftmals Spannungsmessungen an hochohmigen Spannungsteilern bzw. hinter hochohmigen Widerständen auszuführen hat, sind Geräte mit einem Wert unter 5 000 Ω/V in den Gleichspannungsbereichen weniger gut geeignet, weil die Meßfehler dann einfach zu groß werden. Günstiger in dieser Beziehung sind Instrumente ab 10 000 Ω/V.

In den Strombereichen ist die Empfindlichkeit durch den Spannungsabfall gekennzeichnet, den der Meßstrom am Gerät erzeugt. Er liegt bei guten Vielfachmeßinstrumenten in den

Gleichstrombereichen unter 400 mV. In den Wechselstrombereichen ist er manchmal etwas höher.

Neben der Empfindlichkeit ist der Anzeigefehler von Bedeutung, der in Prozenten vom Skalenendwert (S. E.) angegeben wird. Er hat nichts mit dem Meßfehler zu tun, der sich in Abhängigkeit vom Innenwiderstand ergibt. Vielfachmesser weisen je nach Ausführung Anzeigefehler von 2,5, 1,5 und 1 % auf. Man spricht hierbei von den Güteklassen 2,5, 1,5 und 1. Für die Praxis sind Geräte der Klasse 2,5 meist ausreichend, solche der Klasse 1,5 immer. Instrumente der Klasse 1 werden für Laborzwecke benötigt.

Zum überwiegenden Teil sind Vielfachmeßgeräte mit zwei getrennten Skalen für Gleich- und für Wechselstrommessungen versehen. Die erstere hat einen linearen, die letztere einen nichtlinearen Verlauf. Durch den Meßgleichrichter ist der Anzeigefehler in den Wechselstrombereichen meist etwas größer als in den Gleichstrombereichen.

Ansicht und Schaltung eines modernen und insbesondere auf die Bedürfnisse des Praktikers zugeschnittenen Vielfachmessers zeigen die Bilder 12 und 13. Es handelt sich um das Gerät UNAVO 3, Fabrikat Josef Neuberger. Für Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessungen stehen insgesamt 21 Meßbereiche zur Verfügung, davon fünf für Gleichspannung (0,3, 3, 30, 300, 1500 V), vier für Wechselspannung (3, 30, 300, 600 V), fünf für Gleichstrom (0,3, 3, 30, 300, 3000 mA), vier für Wechselstrom (3, 30, 300, 3000 mA) und drei für Widerstand (1 kΩ, 100 kΩ, 10 MΩ). Durch eine zusätzliche Skalenteilung lassen sich in den drei unteren Wechselspannungsbereichen auch Pegelmessungen im Umfang von jeweils 32 dB durchführen. Für den Gleichspannungsbereich 1 500 V wurde aus Sicherheitsgründen eine eigene Anschlußbuchse vorgesehen. Für alle übrigen Bereiche gelten die Buchsen — und +, so daß ein Umstecken der Meßleitungen beim Bereichswechsel praktisch entfällt. Oberhalb des Bereichsschalters befindet sich eine Schmelzsicherung (Fus.), die bei Über-

schreiten des maximalen Meßstromes in Höhe von 3 A anspricht. Unterhalb der Hochspannungsbuchse ist der Wiedereinschaltknopf des elektronischen Schutzschalters angeordnet.

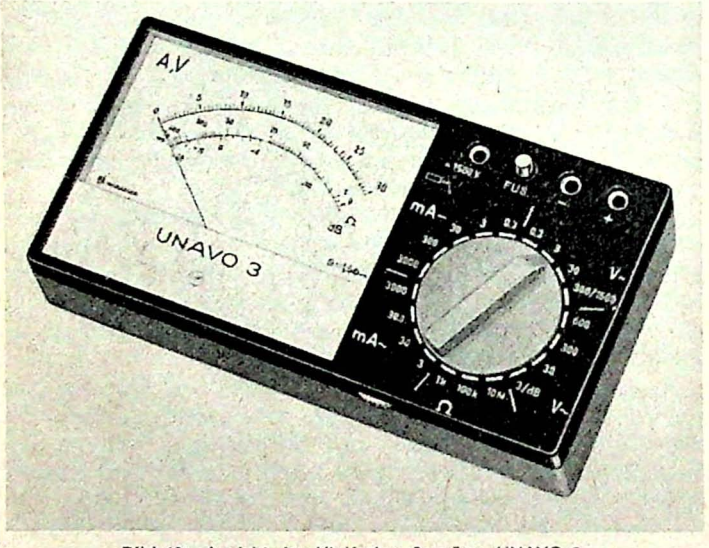


Bild 12: Ansicht des Vielfachmeßgerätes UNAVO 3
(Werkfoto Neuberger Meßinstrumente KG)

Die Empfindlichkeit des Gerätes beträgt in den Gleichspannungsbereichen 20 000 Ω/V und in den Wechselspannungsbereichen 2 000 Ω/V. Eine Ausnahme bildet der 3-V-Wechselspannungsbereich mit 333 Ω/V. Der Spannungsabfall bei Strommessungen ist kleiner als 250 mV. Lediglich im 3-mA-Wechselstrombereich fallen bei Vollausschlag 800 mV ab. Die Güteklasse ist in allen Bereichen 1,5. Bemerkt sei noch, daß das Gerät für Gleich- und Wechselstrommessungen (Spannungen einbegriffen) mit einer einzigen Skalenteilung auskommt, die völlig linear verläuft. Hierdurch ergibt sich eine besonders

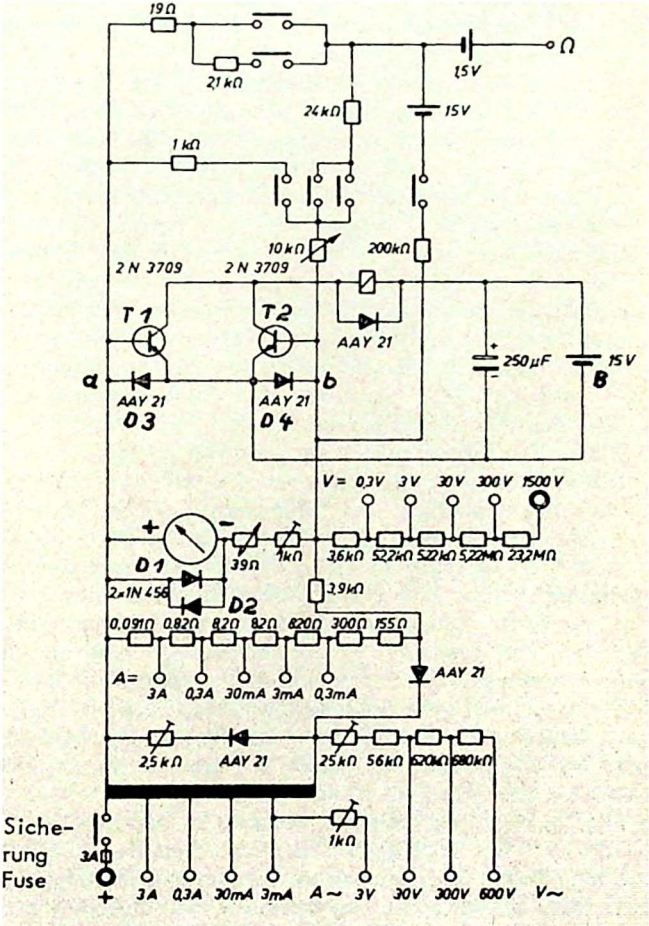


Bild 13: Schaltung des Vielfachmeßgerätes UNAVO 3

einfache Ablesung des jeweiligen Meßwertes. Die Gleichheit der Wechselstrom- mit der Gleichstromteilung wird durch einen Miniaturstromwandler und durch die Bemessung der Gleichrichterschaltung erreicht.

Wie aus dem Schaltbild ersichtlich, führt die Plusbuchse über die Schmelzsicherung und über den Kontakt des elektronischen Schutzschalters zum Pluspol des Drehspulmeßwerkes. Die Minusbuchse erhält durch den Meßbereichschalter jeweils mit einem der eingezeichneten Einspeisepunke Verbindung. Der Übersichtlichkeit wegen sind die hierzu erforderlichen Schalterkontakte sowie die Minusbuchse im Bild ausgelassen. Für die Widerstandsbereiche werden zusätzlich sechs Kontakte benötigt, von denen in den entsprechenden drei Schalterstellungen jeweils zwei schließen. In den zwei unteren Widerstandsbereichen liefert die 1,5-V-Batterie die Meßspannung. Im Bereich „10 MΩ" wird die 15-V-Batterie hinzugeschaltet, so daß sich eine Gesamtspannung von 16,5 V ergibt.

Außer der Schmelzsicherung schützen zwei Siliziumdioden und die schon erwähnte elektronische Abschaltautomatik das Gerät vor Überlastung und Fehlbedienung. Die Dioden liegen in Gegenparallelschaltung am Meßwerk. Im normalen Betrieb ist hier die Spannung so klein, daß sie unterhalb der Anlaufspannung bleibt. Die Dioden üben daher keinerlei Einfluß aus. Steigt die Spannung jedoch infolge falscher Bedienung auf etwa den dreifachen Wert an, so wird eine der Dioden leitend und wirkt als Nebenschluß. Es steht dann zwar weiterhin eine überhöhte Spannung am Meßwerk an, doch bleibt diese begrenzt. Ist das Gerät richtig gepolt angeschlossen, so wird bei Überlastung die Diode D 1 leitend, im umgekehrten Fall die Diode D 2.

Die elektronische Abschaltautomatik löst aus, wenn das Gerät mit dem Zehnfachen des am Bereichsschalter eingestellten Wertes überlastet wird. In diesem Fall steigt bei richtiger Polung die Spannung zwischen den Punkten a und b so weit an, daß über die Diode D 4 und den Emitter des

Transistors T 1 ein Strom zu dessen Basis und somit zum Punkt a fließt. Hierdurch setzt in T 1 ein Kollektorstrom ein, der das Relais ansprechen läßt. Der Relaiskontakt öffnet und schaltet das Gerät ab. Zwar geht im selben Augenblick der Kollektorstrom auf null zurück, so daß der Relaisanker wieder abfällt. Der Kontakt bleibt jedoch offen, da er nicht unmittelbar durch den Anker, sondern auf dem Umweg über einen Klinkenmechanismus betätigt wird. Ohne diesen Mechanismus würde das Relais ins „Flattern" geraten.

Ist die Ursache der Überlastung dann beseitigt, wird die elektronische Sicherung durch Drücken eines Knopfes wieder eingeschaltet.

Findet die Überlastung bei falscher Polung statt, lassen die Diode D 3 und der Transistor T 2 das Relais ansprechen. Quelle für die Betriebsspannung der Automatik ist in jedem Fall die Batterie B.

Versuchsweise legte der Verfasser im 3-V-Gleichspannungsbereich 40 V an das Meßgerät an. Die elektronische Sicherung wirkte so schnell, daß der Instrumentenzeiger infolge seiner Trägheit nur etwa ein Drittel der Skalenbogenlänge überstrich und dann auf null zurückfiel.

Das gleiche Gerät, jedoch ohne die Schmelzsicherung und den elektronischen Überlastungsschutz, führt die Bezeichnung UNAVO 2.

2. Ohmmeter

Die am häufigsten anzutreffende Art von Widerstandsmeßgeräten sind die sogenannten Ohmmeter. Die Widerstandsmessung erfolgt hier indirekt auf dem Wege über eine Strommessung. Zur Vereinfachung der Ablesung ist die Skala jedoch nicht in Strom-, sondern unmittelbar in Widerstandswerten geeicht, soweit es sich um Industriegeräte handelt. Für Widerstandsmessungen nach diesem Prinzip werden sowohl kombinierte Universalinstrumente als auch Geräte angeboten, die ausschließlich Ohmmeter sind.

Der Gebrauchswert eines Ohmmeters hängt in erster Linie vom jeweiligen Meßumfang ab. Je größer dieser ist, desto mehr Nutzen bietet das Gerät. Der Meßumfang wird vom Wert der Meßspannung bestimmt. Mit den bei Ohmmetern meist üblichen Monozellen (1,5 V) beträgt er im allgemeinen 0—1 MΩ. Ein größerer Umfang erfordert eine entsprechend höhere Spannung. In je mehr Bereiche der Meßumfang unterteilt ist, desto genauer kann der jeweilige Widerstandswert abgelesen werden. Bedingt durch das Meßverfahren ist nach höheren Ohmwerten zu die Skalenteilung dichter zusammengedrängt, so daß sich hier eine weniger genaue Ablesbarkeit ergibt. Man sollte deshalb ein Ohmmeter immer auf denjenigen Meßbereich einstellen, der bei dem betreffenden Widerstandswert die bestmögliche Skalenablesung erlaubt.

Als Beispiel eines für den Praktiker sehr gut geeigneten Meßgerätes ist in Bild 14 die Ansicht des PANOHM vom

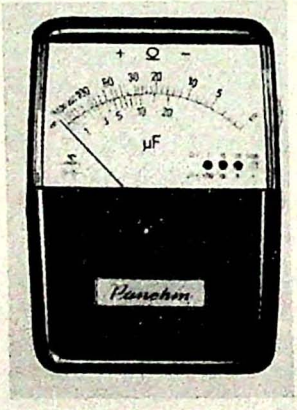


Bild 14: Ansicht des Ohmmeters PANOHM (Werkfoto Gossen)

Fabrikat Gossen wiedergegeben. Das Gerät besitzt einen Meßumfang von 0—1 MΩ, der in die Bereiche 0—1 kΩ, 0—10 kΩ, 0—100 kΩ und 0—1 MΩ eingeteilt ist. Der Anzeigefehler be-

trägt 1,5%, bezogen auf die Skalenbogenlänge. Im niedrigsten Meßbereich liegt in Skalenmitte der Wert 20 Ω. Der unterste Teilstrich entspricht 1 Ω. Es können jedoch auch Werte von einigen Zehntel Ohm noch verhältnismäßig genau abgelesen werden.

Neben Widerständen lassen sich mit dem PANOHM auch Kapazitäten messen. Der Ladestrom des Kondensators bewirkt einen ballistischen Zeigerausschlag, dessen Umkehrpunkt ein überschlägiges Maß für den Kapazitätswert darstellt. (Elektrolyt-Kondensatoren sind unter Beachtung der Polarität anzuschließen). Da gegenläufig zu Widerstandsmessungen ein großer Kapazitätswert auch einen großen Zeigerausschlag hervorruft, ist das Gerät für Kapazitätsmessungen mit einer zweiten Skalenteilung versehen. Die Kapazitätsbereiche sind 0—20, 0—200, 0—2 000 und 0—20 000 µF.

Bild 15 zeigt die Schaltung des PANOHM. In den drei unteren Stellungen des Meßbereichsschalters S bildet je einer der Widerstände R 1 — R 3 über R 4 und R 7 einen zweiten

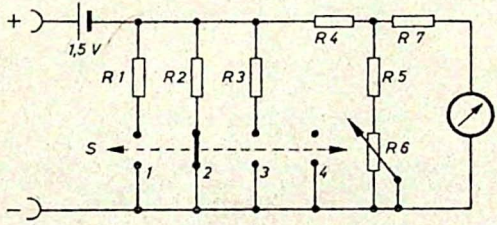


Bild 15: Schaltung des Ohmmeters PANOHM

Nebenschluß zum Meßwerk. Im höchsten Meßbereich ist dieser Nebenschluß aufgehoben, so daß allein die Widerstände R 5 und R 6 über R 7 als Nebenschluß wirken. Die Anzeigeempfindlichkeit ist daher in der Schalterstellung 4 am größten. Der Widerstand R 6 ist veränderbar. Er dient zum Einstellen des Zeigers auf den Nullpunkt der Ohmskala bei kurzgeschlossenen Eingangsklemmen.

3. Widerstandsmeßbrücken

Bei den Widerstandsmeßbrücken wird der unbekannte Widerstand R x mit einem bekannten Widerstand R n verglichen. Dieses Verfahren ermöglicht eine besonders hohe Meßgenauigkeit. Allerdings liegt die obere Grenze des Meßumfanges mit etwa 50 kΩ verhältnismäßig weit unter der von Ohmmetern.

Die meisten der handelsüblichen Meßbrücken sind in Wheatstone-Schaltung ausgeführt. Das Prinzip dieser Schaltungsart ist in Bild 16 wiedergegeben. R x stellt den zu messenden Widerstand dar, R n den Vergleichswiderstand. Der

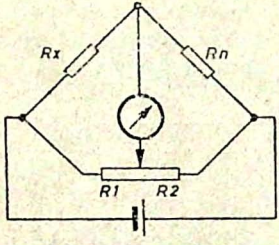


Bild 16: Grundschaltung der Wheatstone'schen Meßbrücke

Wert des letzteren wird fast immer dekadisch gewählt. Er beträgt also 1, 10 oder 100 Ω. Die Widerstände R 1 und R 2 werden durch ein Potentiometer gebildet. Stellt man dessen Schleifer so ein, daß sich der Strom im Brückenzweig auf null beläuft, gilt die Beziehung

$$R\,x = \frac{R\,1}{R\,2} \cdot R\,n.$$

Es braucht also lediglich das Verhältnis der Widerstände R 1 und R 2 mit dem Wert des Normalwiderstandes multipliziert zu werden, um den Widerstand R x zu erhalten. Das jeweilige Verhältnis R 1/R 2 läßt sich an einer Skalenscheibe ablesen, die auf der Potentiometerachse befestigt ist.

Die Meßbrücke PONTAVI-WHEATSTONE der Firma Hartmann & Braun AG, deren Schaltung Bild 17 zeigt, besitzt einen Meßumfang von 0,05—50 000 Ω. Er ist in die Bereiche 0,05—5, 0,5—50, 5—500, 50—5 000 und 500—50 000 Ω unterteilt. Der Meßbereichswechsel wird durch Umschalten der

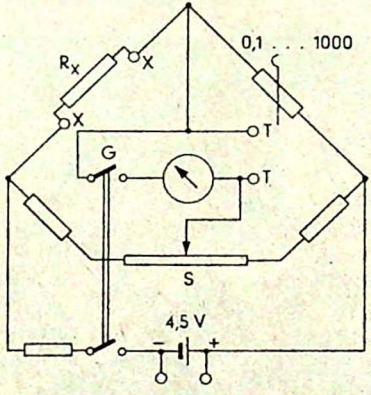


Bild 17: Schaltung der Meßbrücke PONTAVI-WHEATSTONE (Werkbild Hartmann & Braun AG)

Normalwiderstände 0,1, 1, 10, 100 und 1 000 Ω vorgenommen. Zur Einengung der Bereiche auf das Meßverhältnis 1:100 ist dem Potentiometer zu beiden Seiten je ein Begrenzungswiderstand vorgeschaltet. Der Meßfehler beträgt in den drei mittleren Meßbereichen innerhalb der Skalenpunkte 2 und 20 maximal ± 0,5 %, im unteren und oberen Bereich je ± 2 %.

Zum Messen elektrolytischer Widerstände (Widerstände von Flüssigkeiten) darf die Betriebsspannung für die Meß-

brücke nicht unmittelbar der eingebauten 4,5-V-Batterie entnommen werden. Es könnten sich sonst infolge Polarisationserscheinungen beträchtliche Fehler ergeben. Solche Messungen müssen vielmehr mit Wechselspannung erfolgen. Hierzu wird der Schalter G ausgeschaltet und an die Batteriebuchsen ein Summer angeschlossen, der eine Wechselspannung von etwa 1 200 Hz erzeugt. Diese Spannung gelangt über eine externe Leitung zur linken R x-Klemme. (Der zweite Pol ist intern über den Summer mit dem Pluspunkt der Batterie verbunden). Als Indikator dient anstelle des Galvanometers ein Fernhörer, der an die Buchsen TT anzuschließen ist. Die Brücke wird

Bild 18: Ansicht der Meßbrücke PONTAVI-WHEATSTONE nebst Summer und Hörer (Werkbild Hartmann & Braun AG)

auf Lautstärkeminimum abgeglichen. Bild 18 zeigt die Ansicht des Gerätes PONTAVI-WHEATSTONE mitsamt Summer und Fernhörer, die als Zubehör lieferbar sind.

Neben den Meßbrücken in Wheatstone-Schaltung gibt es solche in Thomson-Schaltung. Sie werden zum Messen sehr kleiner Widerstände (ca. 0,2 mΩ — 2 Ω) benutzt.

4. Elektronische Voltmeter

Die Elektronik ist bekanntlich dasjenige Teilgebiet der Elektrotechnik, das die Anwendung von Dioden, Transistoren und Röhren zum Gegenstand hat. Als elektronische Voltmeter sind daher alle Meßgeräte anzusehen, bei denen eines oder mehrere der genannten Bauteile dem Meßwerk vorgeschaltet sind. Streng genommen ist demnach ein Vielfachinstrument, das zum Gleichrichten der Meßwechselspannung eine Germaniumdiode enthält, ebenfalls als elektronisches Meßgerät anzusprechen. Es soll in diesem Kapitel jedoch hauptsächlich von den Verstärkervoltmetern, also von den Röhren- und Transistor-Voltmetern die Rede sein.

Das Prinzip eines solchen Gerätes für Gleichspannungsmessungen ist in Bild 19 wiedergegeben. Die Meßspannung verursacht im Transistor einen Basisstrom, der einen entsprechend verstärkten Kollektorstrom zur Folge hat. Hierdurch ergibt sich eine weit höhere Anzeigeempfindlichkeit, als wenn die Meßspannung dem Instrument unmittelbar zugeführt

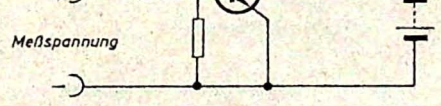


Bild 19: Prinzipschaltung eines elektronischen Voltmeters

würde. Die Empfindlichkeit läßt sich noch steigern, indem man mehrere Verstärkerstufen vorsieht. — Da auch bei offenen Eingangsklemmen, also bei der Meßspannung null, ein kleiner Kollektorstrom angezeigt würde, muß über das Instrument ein gleich großer Gegenstrom geleitet werden, um diesen zu kompensieren und so den Instrumentenzeiger auf null einzustellen.

Zum Messen von Wechselspannung wird in den Übertragungsweg zwischen Eingangsklemmen und Anzeigegerät ein Gleichrichter eingefügt. Je nach Dimensionierung der Gleichrichterschaltung lassen sich Effektivwerte oder Spitze-zu-Spitze-Werte erfassen. Diese Unterscheidung ist besonders beim Messen nichtsinusförmiger Wechselspannungen wichtig. Viele industriell hergestellte Geräte sind mit einem Umschalter für beide Betriebsarten versehen. Um beim Messen hochfrequenter Wechselspannungen kapazitive Nebenschlüsse und Verstimmungen am Meßobjekt durch die Meßleitung zu vermeiden, wird ein sogenannter Tastkopf benutzt. Er ist mit einer kurzen Prüfspitze versehen und enthält die Gleichrichterdiode. Vom Ausgang des Kopfes wird die gleichgerichtete

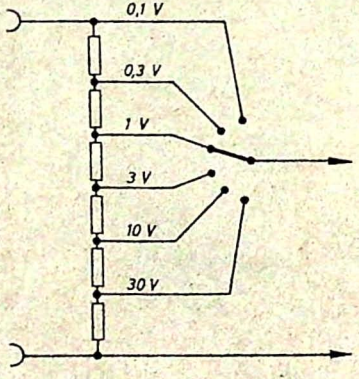


Bild 20: Eingangs-Spannungsteiler eines elektronischen Voltmeters

HF-Spannung über ein abgeschirmtes Kabel dem Eingang des Gerätes zugeführt.

Elektronische Voltmeter unterscheiden sich von den üblichen Vielfachmeßgeräten durch ihren wesentlich höheren Eingangswiderstand. Dieser Widerstand ist jedoch im Gegensatz zu Vielfachmessern ohne Verstärker meist für alle Bereiche gleichbleibend. Hierdurch ergibt sich besonders in den unteren Meßbereichen eine verhältnismäßig große Meßempfindlichkeit (bis zu 50 MΩ/V und darüber). Die Schaltungsart eines entsprechenden Eingangs-Spannungsteilers ist in Bild 20 dargestellt. Bei einem Teiler für Wechselspannung muß zum Kompensieren der Leitungskapazitäten jedem der Widerstände ein Kondensator parallelgeschaltet werden (vgl. L.-B. „Vom Ohmschen Gesetz zur RC-Schaltung", Band 2, Seite 161—167). — Die Meßgenauigkeit elektronischer Voltmeter ist indessen meist geringer als die von Vielfachmeßgeräten.

Bild 21 zeigt als Beispiel die Schaltung eines Transistor-Voltmeters für Gleichspannung. Der Aufwand an Schaltelementen ist verhältnismäßig klein, so daß das Gerät leicht nachgebaut werden kann. Es sind 5 Meßbereiche in den Abstufungen 0,3, 1, 3, 10 und 30 V vorhanden. Das Anzeige-

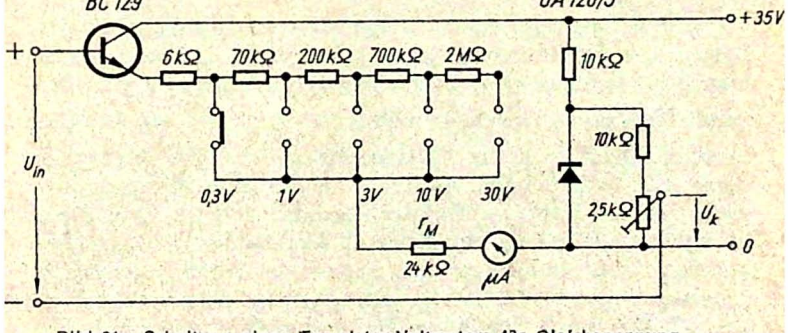


Bild 21: Schaltung eines Transistor-Voltmeters für Gleichspannung (nach Unterlagen der Firma AEG-Telefunken)

instrument ist ein Mikroamperemeter mit 10 µA Vollausschlag und einem Innenwiderstand von 24 kΩ, z. B. die Type PX 1, Klasse 1,5, Fabrikat Gossen. Bei einem Instrument mit abweichendem Innenwiderstand ist jeder der Bereichswiderstände so zu bemessen, daß er zusammen mit dem Widerstand des Meßwerks jeweils den gleichen Summenwiderstand wie in Bild 21 ergibt. Im 1. Bereich müssen also 30 kΩ wirksam sein, im 2. Bereich 100 kΩ und so fort. Die Meßempfindlichkeit beträgt in allen Bereichen 10 MΩ/V. Dieser relativ hohe Wert entspricht dem Verhältnis zwischen Emitterwiderstand und Meßbereich, multipliziert mit dem Stromverstärkungsfaktor des Transistors, der sich auf etwa 100 beläuft. Die Anzeigegenauigkeit beträgt ± 3 % vom Skalenendwert. — Zum Kompensieren der Basis-Emitterspannung ist eine Hilfsspannung Uk erforderlich, die an einem Trimmpotentiometer von 2,5 kΩ abgegriffen wird. Sie liegt in Reihe mit der Eingangsspannung und wird durch eine Zenerdiode stabilisiert. Die Betriebsspannung selbst (35 V) braucht nicht stabilisiert zu sein. Ist sie dies aber, so kann die Zenerdiode entfallen. Die Hilfsspannung wird dann über einen hochohmigen Spannungsteiler unmittelbar aus der Betriebsspannung gewonnen.

5. Scheinwiderstandsprüfer

Die Arbeitsweise eines Scheinwiderstandsprüfers ist im Prinzip die gleiche wie die eines Ohmmeters. Der zu bestimmende Widerstand wird über einen Strommesser an eine bekannte Spannung angelegt, wobei sich R zu $\frac{U}{I}$ ergibt. Die Instrumentenskala ist in Ohmwerten geeicht. Als Meßspannung wird jedoch keine Gleich-, sondern eine Wechselspannung von umschaltbarer Frequenz benutzt (Bild 22). Auf diese Weise können neben ohmschen Widerständen (Wirkwiderständen) auch induktive und kapazitive Scheinwiderstände gemessen werden. Bei unbekannter Art des Scheinwiderstandes läßt sich durch Umschalten der Frequenz schnell erkennen,

ob die induktive oder die kapazitive Komponente überwiegt. Im ersten Fall nimmt mit steigender Frequenz der Widerstand zu, im zweiten Fall nimmt er ab.

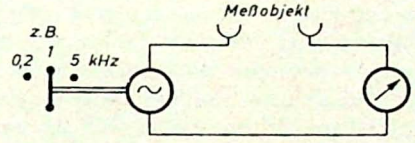


Bild 22: Prinzip eines Scheinwiderstandsprüfers

Mit einem Scheinwiderstandsprüfer können fernerhin Induktivitäts- und Kapazitätswerte bestimmt werden, da diese sich aus der Frequenz und dem Scheinwiderstand ergeben. Handelt es sich bei dem betreffenden Scheinwiderstandswert um einen reinen Wechselstromwiderstand ohne ohmschen Anteil, was letzten Endes auf einen Blindwiderstand hinausläuft, so errechnet sich die Induktivität zu

$$L = \frac{Z}{2 \pi \cdot f}$$

und die Kapazität zu

$$C = \frac{1}{Z \cdot 2 \pi \cdot f} .$$

(Z = Scheinwiderstand in Ω, L = Induktivität in H, C = Kapazität in F, f = Frequenz in Hz).

Bei Kondensatoren beträgt die ohmsche Komponente stets null. Bei Spulen kann man sie in vielen Fällen vernachlässigen, wodurch sich natürlich ein kleiner Fehler ergibt. Soll der Induktivitätswert hingegen mit größtmöglicher Genauigkeit ermittelt werden, muß auch der Wirkwiderstand der Spule bekannt sein. (Man kann ihn mit einem Ohmmeter messen). Dann ist

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{2 \pi \cdot f} .$$

Industriell hergestellte Scheinwiderstandsprüfer sind fast ausschließlich mit Transistoren bestückt und mit einer eingebauten Batterie versehen. Sie dienen zum Bestimmen von Scheinwiderständen aller Art vorwiegend im Tonfrequenzbereich, eignen sich also zu Messungen an Lautsprechern, Tonköpfen, Übertragern und Drosseln. Es können natürlich auch Kondensatoren und ohmsche Widerstände gemessen werden. Schaltung und Ansicht eines solchen Gerätes (Fabrikat Sennheiser electronic, Type ZP 2) sind in Bild 23 und 24 wiedergegeben. Der Meßumfang beträgt 1 Ω — 1 MΩ. Er ist in 6 Hauptbereiche unterteilt, von denen sich jeder durch Drükken einer gemeinsamen Taste um den Faktor 3 erweitern läßt. Insgesamt stehen also 12 Bereiche zur Verfügung. Die Instrumentenskala ist mit zwei verschiedenen Teilungen versehen, wodurch sich eine besonders gute Ablesbarkeit ergibt. Es kann zwischen drei Meßfrequenzen gewählt werden (0,25, 1 und 4 kHz), die durch Drucktasten umschaltbar sind. Mit diesen Frequenzen und dem oben genannten Meßumfang beläuft sich der Kapazitätsmeßbereich auf 40 pF — 650 µF und der Induktivitätsmeßbereich auf 40 µH — 650 H. Die Belastung des Meßobjektes durch den Meßstrom beträgt maximal 90 µVA. Bei der Frequenz 1 kHz besitzt das Gerät eine Genauigkeit von ± 5 %, bei 0,25 und 4 kHz eine solche von ± 10 %.

Die Meßwechselspannung wird durch einen RC-Generator mit den Transistoren T 1 und T 2 erzeugt. Zur Amplitudenstabilisierung ist ein Glühlämpchen vorgesehen, das in einer Brückenschaltung arbeitet. Das Meßobjekt wird zwischen den Übertragern Tr 2 und Tr 3 angeschlossen, von denen Tr 2 die Meßspannung liefert. Tr 3 bildet einen niederohmigen Serienwiderstand. An ihm wird der Spannungsabfall gemessen, den der vom Meßobjekt abhängige Strom hervorruft. Ein vierstufiger Verstärker mit den Transistoren T 3 — T 6 verstärkt die Spannung so weit, daß das Meßinstrument Ms 1 über die Gleichrichterdioden D 1 — D 4 ausgesteuert werden kann.

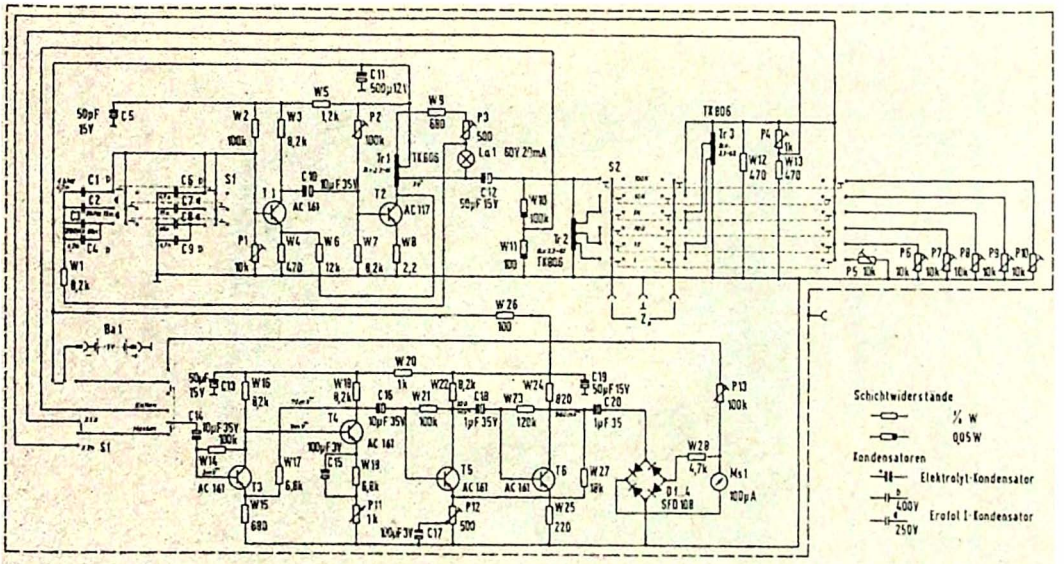


Bild 23: Schaltung des Scheinwiderstandsprüfers ZP 2

Der Wert der Meßspannung ist je nach eingestelltem Meßbereich verschieden. Er bewegt sich von 3 mV im kleinsten Hauptbereich über je zweimal 30 und 300 mV bis zu 3 V im höchsten der Hauptbereiche. Die Meßwechselspannung kann zwischen der linken Zx-Buchse und Masse abgenommen werden. Das Gerät läßt sich daher auch als Prüfgenerator mit definierten Ausgangsspannungen und Frequenzen benutzen.

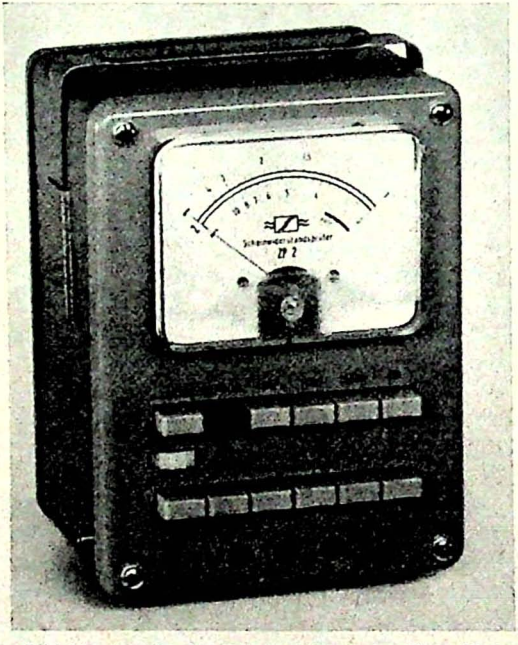


Bild 24: Ansicht des Scheinwiderstandsprüfers ZP 2 (Werkfoto Sennheiser electronic)

C. Kapazitäts- und Induktivitätsmessungen

1. Kapazitätsmeßgeräte

Obwohl die im letzten Kapitel behandelten Scheinwiderstandsprüfer durchaus zum Messen von Kapazitäten geeignet sind, kann man sie nicht zu den Kapazitätsmeßgeräten zählen. Diese Bezeichnung bleibt jenen Geräten vorbehalten, bei denen der Kapazitätswert unmittelbar angezeigt wird. Hierzu gibt es mehrere Verfahren. Eines davon ist, in bekannter Weise mit abgestuften Frequenzen eine Scheinwiderstandsmessung vorzunehmen und das Anzeigeinstrument in Kapazitätswerten zu eichen. Jedem Meßbereich gehört eine eigene Arbeitsfrequenz zu. Solche Geräte lassen sich verhältnismäßig raumsparend aufbauen und befinden sich in verschiedenen Ausführungen im Handel.

Genauere Messungen kann man mit Geräten erreichen, die nach dem Resonanzverfahren arbeiten. Ihre Wirkungsweise soll anhand von Bild 25 erläutert werden, das die vereinfachte Schaltung des Gerätes KARU der Firma Rohde & Schwarz zeigt. Eine Oszillatorstufe erzeugt hochfrequente Schwingungen, deren Frequenz mit Hilfe des Drehkondensators C 8 veränderbar ist. Sie gelangen über die Koppelspule Lk zu einem Parallelschwingkreis, der den eigentlichen Meßkreis bildet. Dieser besteht aus der Spule Lm, dem Trimmer C 26 und dem zu messenden Kondensator Cx. Die Daten von Lm und C 26 liegen für jeden Meßbereich fest. Verändert man die Oszillatorfrequenz, bis sie mit der Eigenfrequenz des Meßkreises übereinstimmt, ist

$$Cx = \frac{1}{(2\,\pi \cdot f)^2 \cdot Lm} - C\,26.$$

Um Cx nach erfolgter Abstimmung unmittelbar ablesen zu können, ist die Skala des Drehkondensators C 8 nicht in Frequenzen, sondern in Kapazitätswerten geeicht. Mit dem Trimmer C 26 kann man bei angeklemmten Meßleitungen den

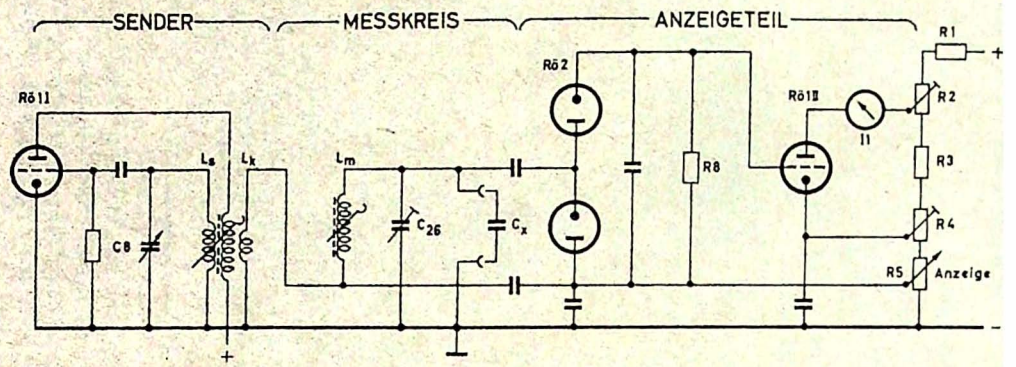


Bild 25: Prinzipschaltung des Kapazitätsmeßgerätes KARU

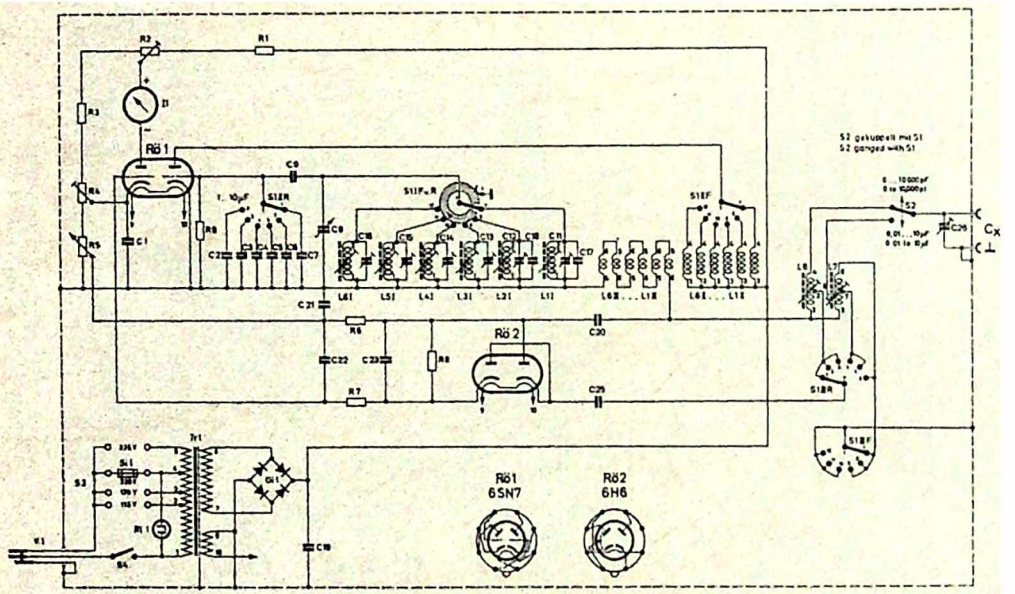


Bild 26: Gesamtschaltung des Kapazitätsmeßgerätes KARU

Nullpunkt der Anzeige nachstellen. Dies ist im untersten Meßbereich manchmal erforderlich.

Bei richtiger Abstimmung tritt am Meßkreis eine Resonanzspannung auf. Sie wird durch eine Duodiode in Delonschaltung gleichgerichtet, wobei am Widerstand R 8 die Richtspannung entsteht. Diese dient nach anschließender Verstärkung in einer Triode als Steuerspannung für das Anzeigeinstrument. Die Weite des Zeigerausschlags kann mittels des Potentiometers R 5 optimal eingestellt werden.

Die Gesamtschaltung des KARU ist in Bild 26 dargestellt, die Ansicht des Gerätes in Bild 27. Der Meßumfang beträgt 0—10 µF und ist in 6 Bereiche unterteilt (0 . . . 100/1 000/10 000

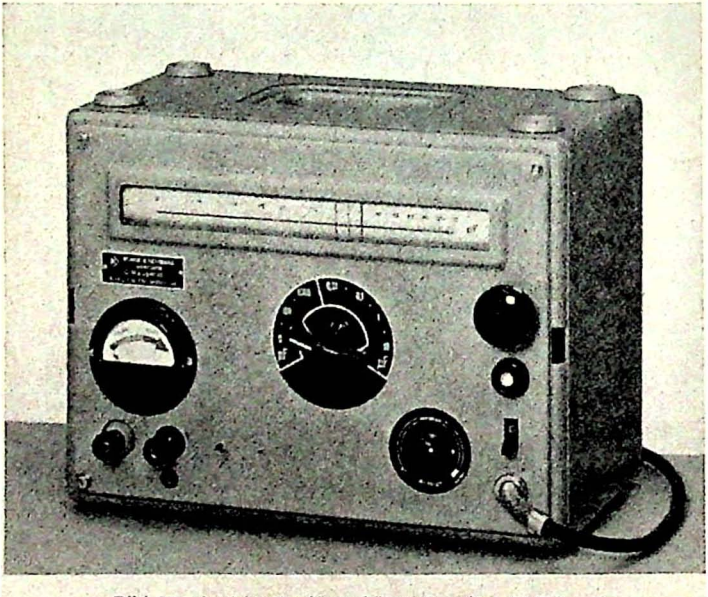


Bild 27: Ansicht des Kapazitätsmeßgerätes KARU
(Werkfoto Rohde & Schwarz)

pF, 0,01 . . . 0,1/1/10 µF). Der Bereichswechsel erfolgt durch den 5poligen Umschalter S 1. Der Schalter S 2 ist mit S 1 mechanisch gekuppelt. Frequenzbestimmend für den Oszillator, dessen Bereich sich von 175 bis 1,5 kHz erstreckt, sind die Schwingkreisspulen L 1 I — L 6 I mit den zugehörigen Trimmern und Festkondensatoren sowie die Kondensatoren C 2 — C 7. Die Feinabstimmung wird durch den Drehkondensator C 8 vorgenommen. Um zu verhindern, daß die jeweils nicht benutzten Spulenkreise durch ihre Eigenresonanz Schwinglöcher hervorrufen, werden sie durch ein Schaltersegment kurzgeschlossen. Die Spulen L 1 II — L 6 II besorgen die Rückkopplung des Oszillators, die Spulen L 1 III — L 6 III die Einkopplung der Schwingungen in den Meßkreis. L 7 und L 8 sind die Meßkreisspulen.

Die Skalenteilungen der 6 Meßbereiche sind auf einem Zylinder angebracht, der sich über einen Seiltrieb mit dem Bereichsschalter dreht. Auf diese Weise ist jeweils nur die Skala sichtbar, die für den betreffenden Meßbereich gilt. Verwechslungen beim Ablesen sind daher ausgeschlossen. Der Meßfehler beträgt höchstens ± 1 % bzw. ± 0,5 pF. Das Gerät besitzt also eine sehr gute Genauigkeit.

2. Induktivitätsmeßgeräte

Das Resonanzverfahren kann auch zum Messen von Induktivitäten angewandt werden. Als Beispiel ist in Bild 28 die Prinzipschaltung des L-Meßgerätes LARU der Firma Rohde & Schwarz aufgezeigt. Der Meßkreis besteht aus einer Festkapazität CM von 5 000 pF und der unbekannten Induktivität Lx. Seine Ankopplung an den Oszillator erfolgt über die Kapazität Ck. Diese kann zur Einstellung des jeweils günstigsten Kopplungsgrades auf 2, 6 oder 20 pF umgeschaltet werden. Bei Abstimmung des Senders auf die Resonanzfrequenz des Meßkreises ist

$$Lx = \frac{1}{(2\,\pi \cdot f)^2 \cdot CM} \cdot$$

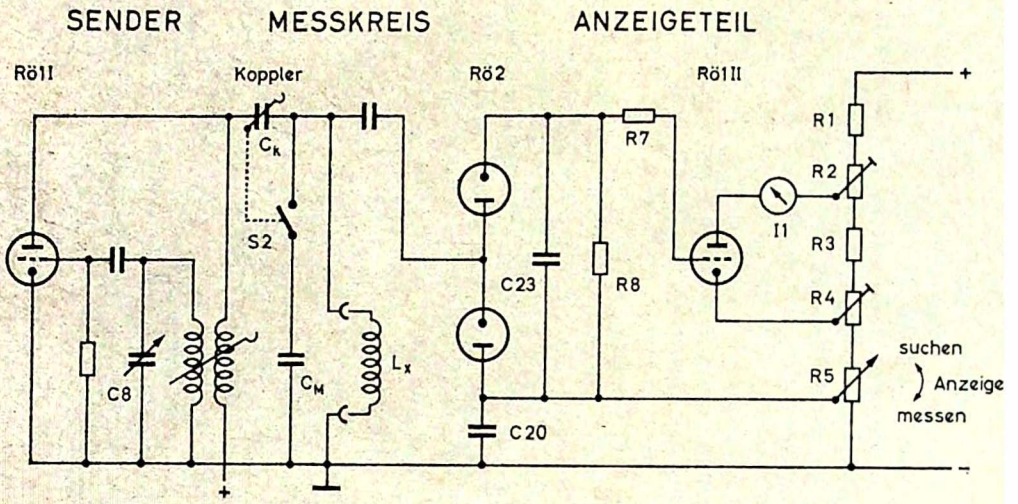


Bild 28: Vereinfachte Schaltung des Induktivitätsmeßgerätes LARU

Die am Meßkreis auftretende Resonanzspannung wird gleichgerichtet, verstärkt und dem Anzeigeinstrument zugeführt.

Mit dem Gerät kann fernerhin die Resonanzfrequenz von Schwingkreisen gemessen werden. Hierzu schaltet man die Kapazität CM mittels des Schalters S 2 ab und schließt an die Lx-Klemmen den zu messenden Kreis an. Danach wird der Sender auf Resonanz mit dem Schwingkreis abgestimmt. Die Frequenzwerte können ebenso wie die Induktivitätswerte unmittelbar an der Skala abgelesen werden, da diese zwei Eichungen besitzt. — Darüber hinaus ist das Gerät zum Messen der Eigenkapazität von Spulen eingerichtet. Es müssen dazu zwei Messungen und eine einfache Rechnung durchgeführt werden.

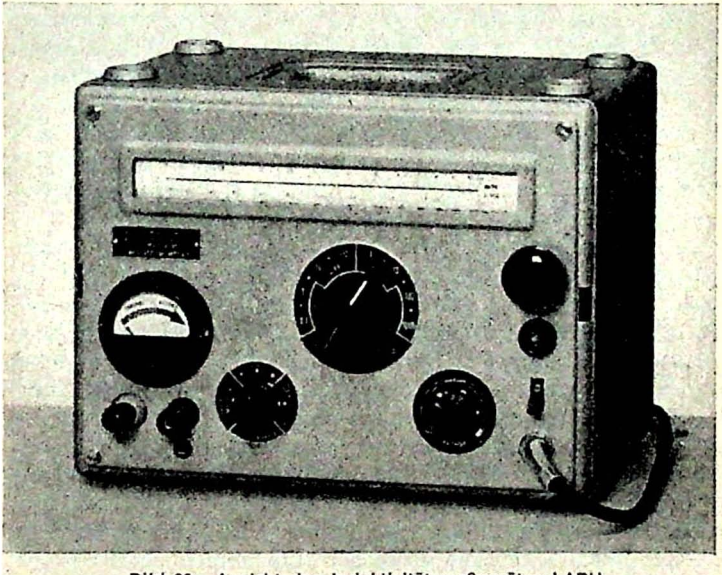


Bild 29: Ansicht des Induktivitätsmeßgerätes LARU (Werkfoto Rohde & Schwarz)

Der Meßumfang des LARU erstreckt sich von 0,1 µH bis 1 H. Er ist in 7 Bereiche unterteilt, die jeweils um den Faktor 10 steigen. Die Meßfrequenz bewegt sich zwischen 4,5 MHz und 2,2 kHz. Innerhalb dieser verhältnismäßig weiten Grenzen kann auch die Resonanzfrequenz von Schwingkreisen ermittelt werden. Bei L-Messungen beträgt die Genauigkeit ± 1% bzw. ± 0,01 µH, bei f-Messungen ± 0,5%. Auf dem Foto Bild 29 ist links unter dem Meßbereichsschalter der Betriebsartenschalter zu erkennen. Mit ihm können außer den Betriebsarten auch die drei verschiedenen Kopplungsgrade zwischen Oszillator und Meßkreis eingestellt werden.

3. Kombinierte R-, C- und L-Meßgeräte

Die obere Bereichsgrenze von Widerstandsmeßbrücken liegt bekanntlich in der Größenordnung von 50 kΩ. Diese Grenze ist dadurch gegeben, daß nach höheren Widerstandswerten zu die Spannung an den Brückenpunkten fortlaufend abnimmt und schließlich eine eindeutige Nullanzeige nicht mehr möglich ist. Man kann den verhältnismäßig kleinen Meßumfang jedoch beträchtlich nach oben erweitern, indem man die Brückenspannung zunächst verstärkt und erst dann dem Anzeigegerät zuführt. Da das Verstärken von Gleichspannung, die für Widerstandsmeßbrücken meist üblich ist, einen relativ großen Aufwand erfordert, wird in solchen Fällen die Brücke vorteilhaft mit Wechselspannung gespeist. Nach der Verstärkung richtet man die Spannung gleich und leitet sie einem geeigneten Anzeigeorgan zu, beispielsweise einem magischen Auge oder magischen Band.

Die grundsätzliche Schaltung einer derartigen Verstärkermeßbrücke ist in Bild 30a angegeben. Die Speisespannung kann entweder über einen Transformator dem Lichtnetz entnommen oder durch einen besonderen NF-Generator erzeugt werden. Im zweiten Fall wählt man die Frequenz in der Regel höher als 50 Hz. In der Brückendiagonale liegt die Primär-

wicklung eines Übertragers, dessen Sekundärwicklung auf den Eingang des Verstärkers arbeitet. Im Gegensatz zu der Meßbrücke Bild 16 ist der Einsteller für den Nullabgleich nicht als Potentiometer, sondern als veränderbarer Widerstand geschaltet. Hierdurch ändert sich an der Wirkungsweise grundsätzlich nichts. Bei stromlosem Brückenzweig gilt hier wie dort die Beziehung: R 1 : R 2 = Rx : Rn.

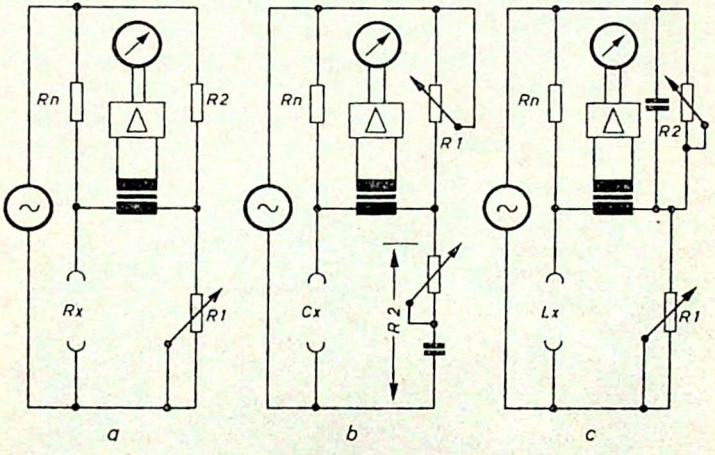


Bild 30: Grundschaltungen von Verstärker-Meßbrücken für R-, C- und L-Messung

Wird eine Brückenschaltung mit Wechselspannung gespeist, so kann man mit ihr auch Kondensatoren und Spulen messen, da diese entsprechend dem C- bzw. L-Wert und der Frequenz einen bestimmten Wechselstromwiderstand aufweisen. Bild 30 b zeigt den Schaltungsaufbau für C-Messung. Damit die Skaleneichung des Abgleichwiderstandes R 1 weiterhin gilt, sind R 1 und R 2 gegenüber Bild 30 a miteinander vertauscht. Dies ist deshalb notwendig, weil man ja eine

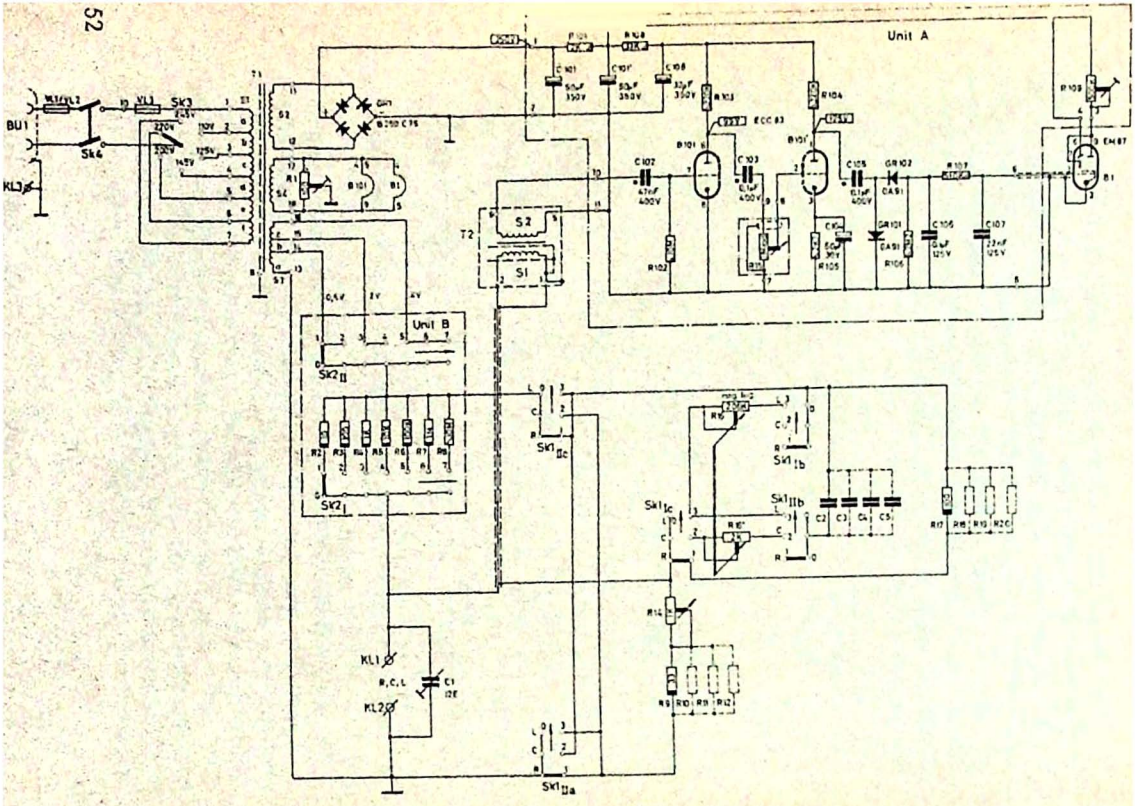


Bild 31: Schaltung der RCL-Meßbrücke PM 6300

Messung der Kapazität und nicht des kapazitiven Widerstandes durchführen will. Bei gegebener Frequenz entspricht bekanntlich einem großen Wechselstromwiderstand ein kleiner Kapazitätswert und umgekehrt, was bedeutet, daß diese Größen einander gegenläufig sind. Das Vertauschen von R 1 und R 2 erfolgt durch einen geeigneten Umschalter.

Der Widerstand R 2 setzt sich in der Kapazitätsmeßbrücke aus einem Kondensator und einem zweiten Stellwiderstand zusammen. Letzterer dient dazu, den Verlustwiderstand des zu messenden Kondensators zu kompensieren, so daß die Brücke trotz eines etwaigen Phasenfehlers durch den Prüfling auf Minimum abgeglichen werden kann.

Eine Brückenschaltung für L-Messung (Bild 30 c) entspricht in ihrem Aufbau einer solchen für R-Messung. Es muß aber

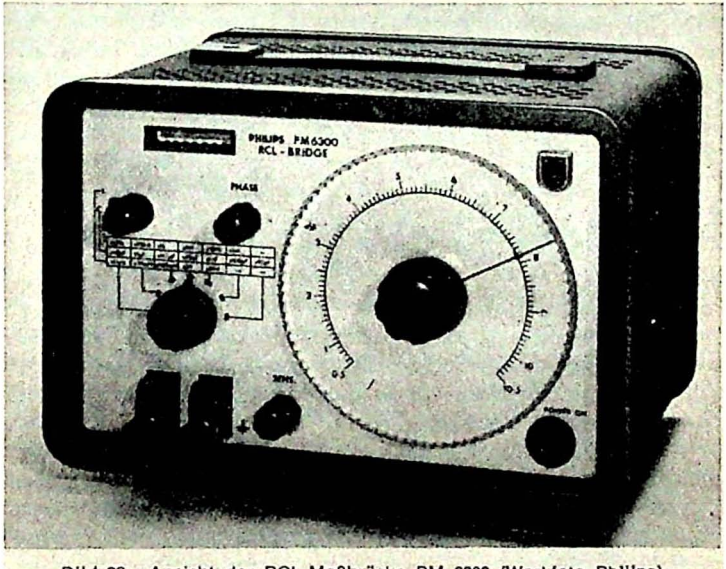


Bild 32: Ansicht der RCL-Meßbrücke PM 6300 (Werkfoto Philips)

wie bei der C-Brücke ein Einsteller zur Phasenkorrektur vorhanden sein, um die Brücke den verschiedenen Spulengüten anpassen zu können.

Die vorstehenden drei Grundschaltungen sind in der kombinierten RCL-Meßbrücke PM 6300 der Firma Philips zusammengefaßt und besitzen jeweils mehrere Meßbereiche. Das Gerät enthält einen zweistufigen Röhrenverstärker, dessen Eingang mit dem Brückenübertrager in Verbindung steht (Bild 31). Der Verstärkungsfaktor kann durch das Potentiometer R 15 verändert und so der jeweils erforderlichen Empfindlichkeit angeglichen werden. Die Anzeige geschieht durch das magische Band EM 87, dessen Schattenlänge bei optimalem Brückenabgleich am größten ist. Widerstandsmessungen können in 6 Bereichen von 10 Ω bis 10 MΩ durchgeführt werden (Fehler 1% vom Meßwert, 0,5% vom Endwert), Kapazitätsmessungen in 7 Bereichen von 10 pF bis 100 µF (Fehler 1,2% vom Meßwert, 0,5% vom Endwert) und Induktivitätsmessungen in 5 Bereichen von 1 mH bis 100 H (Fehler 1,2% vom Meßwert, 0,5% vom Endwert). Eine Ansicht des Gerätes ist in Bild 32 wiedergegeben.

D. Prüfgeneratoren und Signalverfolger

1. Prüfsender

Der Prüfsender ist ein wichtiges Hilfsmittel zum Überprüfen und Abgleichen von Rundfunkempfängern. Bild 33 zeigt seinen Aufbau in Form eines Blockschaltbildes. Hauptteil ist ein abstimmbarer Oszillator, der HF-Schwingungen im Bereich von etwa 100 kHz bis 200 MHz erzeugt. Hierzu stehen mehrere Unterbereiche zur Verfügung. Die Schwingungen können wahlweise in der Amplitude oder in der Frequenz moduliert werden. Ein Modulationsgenerator liefert die erforderliche Tonfrequenz. Da sich die Ausgangsspannung des

Senders auf verhältnismäßig kleine Werte herabsetzen lassen muß, ist dem HF-Oszillator ein Abschwächer nachgeschaltet. Dieser besteht bei vielen Geräten aus einem Grob- und einem Feineinsteller. Der Spannungsbereich erstreckt sich etwa von 1 µV bis 100 mV.

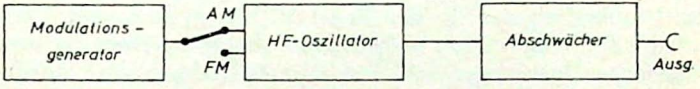


Bild 33: Blockschaltbild eines Prüfsenders

Im Kurz-, Mittel- und Langwellenbereich werden Rundfunkempfänger mit amplitudenmoduliertem Sendersignal abgeglichen, wie es der Modulationsart der Rundfunkstationen in diesen Bereichen entspricht. Bei Superhetempfängern gleicht man zunächst den ZF-Teil, dann die Oszillatorkreise und zuletzt die Vorkreise ab. Für den ZF-Teil stellt man den Sender auf 468 bzw. 472 kHz ein, für den Oszillator- und Vorkreis auf die Frequenz der Empfängerskala. Vor- und Oszillatorkreis müssen wiederholt am Anfang und am Ende des Bereiches abgeglichen werden, um sie gut in Gleichlauf zu bringen. Die Ausgangsspannung des Senders wird jeweils so eingestellt, daß der Modulationston im Lautsprecher gerade hörbar ist. Die automatische Verstärkungsregelung (Schwundregelung) setzt man während des Abgleichens außer Betrieb.

Im UKW-Bereich benötigt man ein frequenzmoduliertes Abstimmsignal mit einem Hub bis zu ± 75 kHz. Der ZF-Verstärker ist hier auf 10,7 MHz abzugleichen.

Manche Prüfsender sind zusätzlich mit einer Wobbeleinrichtung versehen, um in Verbindung mit einem Elektronenstrahl-Oszillografen die Durchlaßkurve des ZF-Verstärkers und die Arbeitskennlinie des Ratio-Detektors sichtbar machen zu können. Bei Wobbelbetrieb ändert sich die Oszillatorfrequenz periodisch nach oben und unten um einen bestimmten Hub, der größer als die Durchlaßbreite sein muß. Für AM-

ZF-Verstärker ist deshalb ein Hub bis zu ± 15 kHz gebräuchlich, für FM-ZF-Verstärker ein solcher bis zu ± 500 kHz. Entsprechend der augenblicklichen Abweichung der Senderfrequenz von der Grundfrequenz tritt am Ausgang des ZF-Teils eine verschieden große Spannung auf. Sie wird gleichgerichtet und dem Oszillografen zugeführt, dessen Zeitablenkung mit der Wobbelfrequenz (in der Regel 50 Hz) synchronisiert ist. Infolge der Trägheit des menschlichen Auges ergeben die verschiedenen Spannungswerte auf dem Bildschirm eine durchgehende Linie in Form der Durchlaßkurve.

Die im Modulationsgenerator erzeugte Tonfrequenzspannung ist in der Amplitude und in der Frequenz meist veränderbar und kann dem Sender zu Prüfzwecken an NF-Verstärkern separat entnommen werden.

2. Sinusgeneratoren

Als Sinusgeneratoren werden Geräte bezeichnet, die Sinusschwingungen im Bereich von etwa 10 Hz — 1 MHz erzeugen. Prüfsender, die zwar ebenfalls Sinuswellen abgeben, jedoch in weit höheren Frequenzbereichen arbeiten, rechnen also nicht dazu.

Sinusgeneratoren werden vorwiegend zum Überprüfen von Verstärkern, Filtern und Übertragungsanlagen verwendet. Sie sind meist als sogenannte RC-Generatoren aufgebaut, deren frequenzbestimmender Teil aus zwei Widerständen und zwei Kondensatoren in Wien-Robinson-Schaltung besteht, kurz auch Wien-Schaltung genannt (Bild 34). Die Widerstände und Kondensatoren sind einander jeweils gleich, so daß $R\,1 = R\,2 = R$ ist und $C\,1 = C\,2 = C$. Speist man eine Wechselspannung U 1 von der Frequenz

$$f_0 = \frac{1}{2\,\pi \cdot R \cdot C}$$

ein, so ist die Ausgangsspannung U 2 in Phase mit U 1. Wie sich mathematisch nachweisen läßt, beträgt U 2 dann genau ein Drittel von U 1. Weicht die Frequenz der Spannung U 1

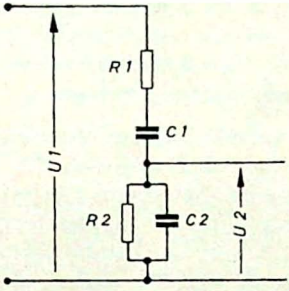


Bild 34: Wien-Robinson-Schaltung

dagegen von f_0 ab, so ist U 2 gegenüber U 1 phasenverschoben. Hierdurch erfährt U 2 eine Dämpfung von mehr als zwei Dritteln des Wertes von U 1.

Dieser Gesetzmäßigkeit zufolge ist es auf relativ einfache Weise möglich, Sinusschwingungen von nahezu idealer Kurvenform zu erzeugen. Bild 35 zeigt das Prinzip eines solchen Generators. Die Schaltung Bild 34 ist hier durch Hinzufügen der Widerstände R 3 und R 4 zu einer Wien-Brücke erweitert worden. Ihre Ausgangsspannung Ue stellt die Eingangsspannung des Verstärkers V dar, der aus zwei Transistorstufen in Emitterschaltung bestehe. In jeder dieser Stufen

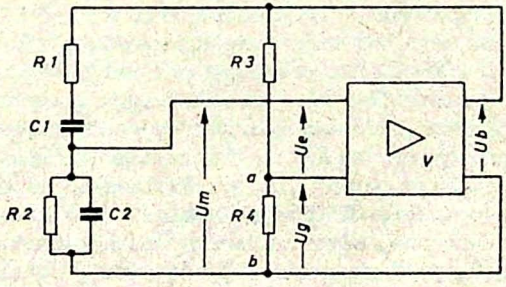


Bild 35: Prinzip eines Sinusgenerators mit Wien-Robinson-Brücke

erfährt die Spannung Ue eine Phasendrehung von 180°, so daß die verstärkte Spannung Ub wieder gleichphasig mit Ue ist. Ub wird in die Wien-Brücke zurückgespeist, wodurch die Schaltung in Selbsterregung schwingt.

Zum leichteren Verständnis der Vorgänge im einzelnen sei zunächst angenommen, daß zwischen den Punkten a und b ein Kurzschluß bestehe. In diesem Fall ist die Spannung Ue gleich der Spannung Um. Da für die Frequenz f_0 die Spannung Um ein Drittel von Ub beträgt, muß sich der Verstärkungsfaktor auf mindestens 3 belaufen, damit die Anordnung schwingt. Zusätzliche, von der Frequenz f_0 abweichende Frequenzen, die die Kurvenform verzerren würden, können nicht auftreten, wenn der Verstärkungsfaktor genau 3 beträgt. Sobald sie zu entstehen im Begriff sind, werden sie bereits wieder unterdrückt, weil sie in der Spannung Um nicht mehr die gleiche Phase wie in der Spannung Ub aufweisen und somit eine stärkere Abschwächung als die Frequenz f_0 erfahren. Für sie ist daher die Rückkopplungsbedingung nicht erfüllt.

Bei einem Verstärkungsfaktor von mehr als 3 können neben f_0 jedoch auch andere Frequenzen erzeugt werden. Aus diesem Grunde ist eine Regeleinrichtung vorgesehen, die die Verstärkung der Spannung Um auf 3 konstant hält. Sie besteht aus den Widerständen R 3 und R 4. R 4 ist ein Kaltleiter, dessen Kurzschluß jetzt wieder aufgehoben sein soll. R 3 und R 4 werden von der Verstärkerausgangsspannung Ub gespeist, wobei an R 4 die Teilspannung Ug auftritt. Ug liegt in Phase mit Um, doch stellt Ue die Differenz beider Spannungen dar. Steigt nun aus irgendeinem Grunde der Verstärkungsgrad an, so nimmt die Spannung Ub zu. In gleichem Maße erhöht sich auch die Teilspannung Um, in größerem dagegen die Spannung Ug, weil R 4 durch die zusätzliche Erwärmung einen größeren Widerstandswert annimmt. Dies hat ein Sinken der Spannung Ue zur Folge, so daß die Spannung Ub wieder auf ihren früheren Wert zurückfällt. Der Verstärker selbst muß

natürlich einen Verstärkungsfaktor von mehr als 3 besitzen, da Ue infolge der Gegenspannung Ug stets kleiner als Um ist.

Der Selbstbau eines Sinusgenerators, kombiniert mit einem Rechteckgenerator, ist im übernächsten Kapitel beschrieben.

3. Rechteckgeneratoren

In zunehmendem Maße werden zum Überprüfen von Verstärkern Rechteckgeneratoren in Verbindung mit einem Elektronenstrahl-Oszillografen benutzt. Im Gegensatz zu Sinusschwingungen enthalten Rechteckwellen neben der eigentlichen Grundfrequenz (Folgefrequenz) höhere und tiefere Schwingungsanteile. Die höheren Anteile ergeben sich aus der Flankensteilheit, die tieferen aus dem Dachverlauf. Je steiler die Flanken und je waagerechter die Dächer, desto breitbandiger sind die Rechteckschwingungen. Nach oben zu kann man im allgemeinen mit dem Zehnfachen, nach unten zu mit einem Zehntel der Grundfrequenz rechnen. Ein Rechtecksignal von beispielsweise 1 kHz entspricht demnach einem Frequenzband von etwa 0,1—10 kHz. Wird also ein solches Signal auf den Eingang eines Verstärkers gegeben und kann es am Ausgang ohne wesentliche Verformung abgenommen werden, so läßt sich daraus schließen, daß der Verstärker innerhalb des Bereiches 0,1—10 kHz gleichmäßig arbeitet.

Zur Erzeugung von Rechteckschwingungen fester Frequenz wird im allgemeinen ein selbstschwingender Multivibrator verwendet. Soll die Frequenz jedoch in einem weiten Bereich veränderbar sein, so greift man vorteilhaft auf den Schmitt-Trigger zurück. Seinem Eingang werden Steuerimpulse beliebiger Folgefrequenz zugeführt, die ausgangsseitig Rechteckimpulse der gleichen Frequenz hervorrufen. Auf diese Weise erspart man sich die verhältnismäßig aufwendige Umschalteinrichtung, die bei einem selbstschwingenden Multivibrator zur Grob- und Feinänderung der Frequenz erforderlich wäre. Sind die Steuerimpulse ohnehin schon vorhanden,

beispielsweise durch einen Sinusgenerator, so ist die genannte Lösung die denkbar einfachste.

Die Wirkungsweise eines solchen Schmitt-Triggers soll anhand von Bild 36 näher besprochen werden. Je nach der

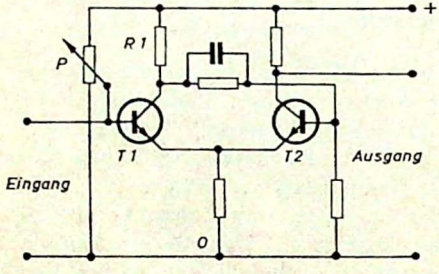


Bild 36: Schmitt-Trigger

Einstellung des Potentiometers P ist der Transistor T 1 entweder gesperrt oder leitend. Die Umschlagpunkte differieren um etwa 1 V. Leitet T 1, so ergibt sich am Kollektorwiderstand R 1 ein Spannungsabfall, der die Basisspannung des Transistors T 2 negativ gegenüber dem Emitter werden läßt. T 2 sperrt daher, womit sein Kollektorpotential nahezu + 12 V beträgt. Ist hingegen T 1 gesperrt, so führt T 2 Strom und die Spannung der Ausgangsleitung gegenüber Masse nimmt ab. Der Sprung beträgt etwa 7 V. Durch Rückkopplung über den gemeinsamen Emitterwiderstand erfolgt das Umschalten der Transistoren vom einen in den anderen Zustand sehr schnell (Bruchteile von Mikrosekunden).

Es sei angenommen, daß der Transistor T 1 durch entsprechende Einstellung des Potentiometers gerade leite. Werden jetzt dem Eingang Sinusschwingungen von mindestens 1 Vss (Vss = Scheitel-Scheitel) zugeführt, so üben die positiven Halbwellen keinerlei Einfluß auf den Zustand der Schaltung aus, da T 1 bereits Strom führt. Durch die negativen Halbwellen dagegen wird T 1 jedesmal gesperrt, so daß auch am Ausgang

Spannungssprünge in negativer Richtung auftreten. Wegen der kurzen Umschaltzeit ergeben sich so Rechteckschwingungen von sehr hoher Flankensteilheit.

4. Selbstbau eines kombinierten Sinus-Rechteck-Generators

Der nachstehend beschriebene Generator erzeugt Sinuswellen von 10 Hz — 1 MHz und Rechteckwellen von 10 Hz — 100 kHz. Die Ausgangsspannung beider Signalarten ist in allen Bereichen gleichbleibend und beträgt maximal 5 Vss. Sie kann grob durch einen gemeinsamen Spannungsteiler und fein durch zwei Potentiometer verändert werden. Auf diese Weise stehen 3 Ausgangsspannungsbereiche von 0 — 50 mV, 0 — 0,5 V und 0 — 5 V zur Verfügung. Die Frequenz des Sinusgenerators wird durch einen Umschalter grob und durch ein Tandem-Potentiometer fein eingestellt. Es sind 5 Bereiche vorhanden, die sich wie folgt aufteilen: 10 — 100 Hz, 100 Hz — 1 kHz, 1 — 10 kHz, 10 — 100 kHz, 100 kHz — 1 MHz.

Die Schaltung des Gerätes einschließlich Netzteil ist in Bild 37 wiedergegeben. Der Sinusgenerator mit den Transistoren T 1 — T 3 stellt eine Entwicklung der Firma Intermetall dar, der Impulsformer (Transistoren T 4 — T 7) eine solche des Verfassers. Je nach der Stellung des Wahlschalters S 2 a/b (zweipoliger Kipp-Umschalter) gelangen Sinus- oder Rechteckschwingungen zum Ausgang. Die Anschlußbuchsen des Teilers sind durch zwei Koppelkondensatoren von je 2 500 µF gleichspannungsfrei gehalten. Um bei sehr niedrigen Frequenzen eine Dachabschrägung der Rechteckimpulse durch die kapazitive Ankopplung zu vermeiden, ist eine weitere Buchse vorgesehen, die mit dem Schleifer des Ausgangsspannungs-Potentiometers unmittelbar in Verbindung steht.

Die beiden ersten Stufen des Sinusgenerators arbeiten in Emitterschaltung und liefern eine verhältnismäßig große Spannungsverstärkung. Infolge der jeweiligen Phasendrehung von

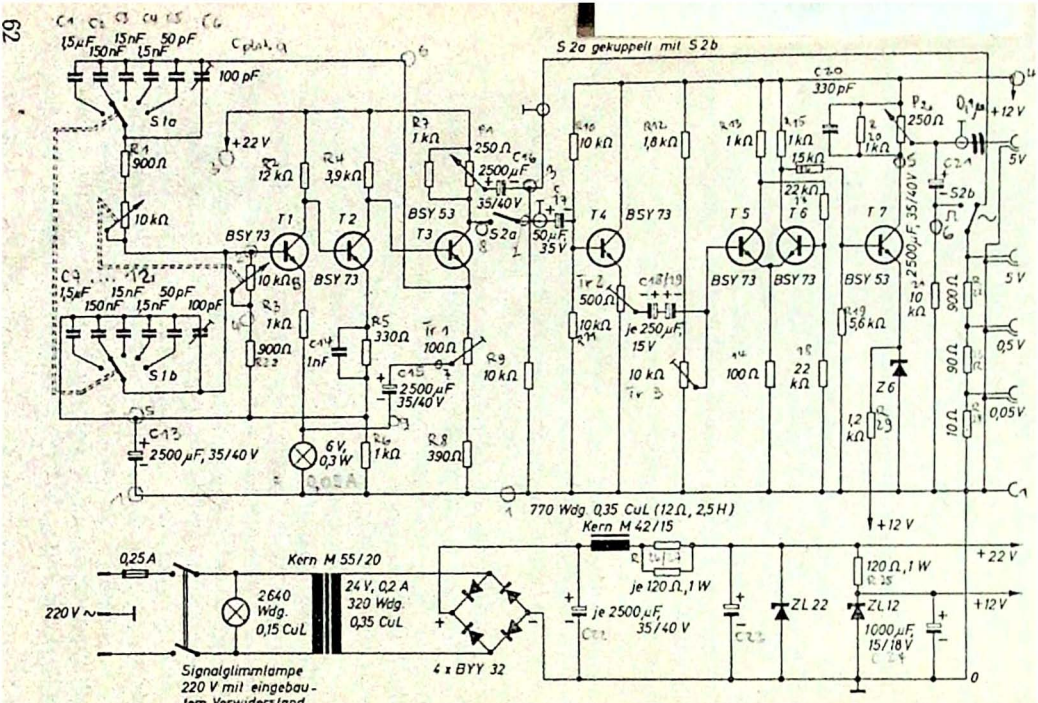
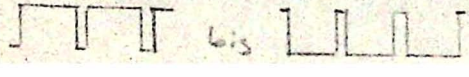


Bild 37: Schaltung des Sinus-Rechteck-Generators

180° ist das Signal am Kollektor von T 2 wieder gleich phasig mit dem Eingangssignal an der Basis von T 1. Der Endstufen-Transistor T 3 wird in sogenannter Split-Load-Schaltung betrieben, bei der die Ausgangsspannung sowohl am Emitter als auch am Kollektor zur Verfügung steht. Die Spannung am Emitter ist von gleicher Phasenlage wie an der Basis. Sie dient zur Speisung der Wien-Robinson-Brücke. Der emitterseitige Teil des 100-Ω-Trimmpotentiometers, mit dem der Grad der Gegenkopplung verändert und somit die Kurvenform der Sinusschwingungen auf Optimum abgeglichen werden kann, entspricht dem Widerstand R 3 in Bild 35. Das Glühlämpchen bildet den Widerstand R 4. Die eigentliche Signalspannung wird dem Kollektorkreis entnommen, so daß durch das Prüfobjekt keinerlei Rückwirkung auf die Brücke entsteht.

Die drei Transistoren sind galvanisch gekoppelt. Hierdurch werden einerseits die relativ großen Kondensatoren eingespart, die bei kapazitiver Kopplung erforderlich wären. Zum anderen können keine unerwünschten Phasendrehungen entstehen. Die Arbeitspunkte der Transistoren werden durch kräftige Gegenkopplung stabil gehalten. Hierzu ist jeder Stufe ein Emitter-Widerstand zugeordnet. Als weitere Gegenkopplung wirkt die galvanische Verbindung der Basis des ersten Transistors mit dem Emitter des zweiten.

In Schalterstellung „Rechteck" gelangen die Sinusschwingungen über einen Koppelkondensator von 50 µF zur Basis des Transistors T 4, der als Emitterfolger geschaltet ist. Diese Stufe besitzt also einen hohen Eingangs- und einen kleinen Ausgangswiderstand. Hierdurch ist eine weitgehende Rückwirkungsfreiheit zwischen dem Schmitt-Trigger mit den Transistoren T 5 und T 6 und dem Sinusgenerator gewährleistet. Mit dem 500-Ω-Trimmpotentiometer im Emitterkreis kann das Tastverhältnis der Rechteckimpulse eingestellt werden. Man versteht darunter das Breitenverhältnis der positiven und



negativen Dächer. Es wird mit Hilfe eines Oszillografen auf 1:1 abgeglichen.

Das 10-kΩ-Trimmpotentiometer dient zum Einstellen der Basisspannung des Transistors T 5. Es wird zusammen mit dem 500-Ω-Trimmer auf optimale Rechteckform einjustiert. Die Umschlagpunkte des Schmitt-Triggers liegen bei + 1,6 und + 2,1 V Basisspannung, bezogen auf Masse.

Um die Transistoren T 6 und T 7 galvanisch koppeln zu können, ist in die Emitterleitung von T 7 eine Zenerdiode eingefügt. Hierdurch wird das Emitterpotential auf + 6 V angehoben. Zum Durchsteuern von T 7 ist eine Basisspannung von mehr als + 6 V erforderlich. Sie wird bei gesperrtem Transistor T 6 von dessen Kollektor geliefert. Leitet T 6, so sinkt die Basisspannung weit unter + 6 V und T 7 sperrt. Auf diese Weise ergeben sich am Kollektor von T 7 Spannungssprünge zwischen etwa + 7 und + 12 V.

Für den Sinusgenerator wird eine Betriebsspannung von 22 V benötigt, für den Impulsformer eine solche von 12 V. Beide Spannungen werden einem Netzteil mit nur einer Sekundärwicklung des Transformators entnommen und durch Zenerdioden stabilisiert.

Die Daten der Bauelemente gehen größtenteils aus dem Schaltplan hervor. Die Transistoren, Zener- und Gleichrichterdioden sind vom Fabrikat Intermetall. Soweit bei den Widerständen keine Belastbarkeit angegeben ist, handelt es sich um 0,25-W-Typen. Für die Trimmpotentiometer reichen 0,2 W aus. Das 10-kΩ-Tandempotentiometer besitzt eine Belastbarkeit von 0,4 W. Die Glühlampe muß unbedingt von der genannten Type sein. Mit einer anderen Lampe arbeitet die Regelung unbefriedigend, so daß sich Verzerrungen der Kurvenform ergeben. Die vier Ausgangsbuchsen sind handelsübliche Koaxialbuchsen mit einem Hülsendurchmesser von 4 mm, so daß man auch Leitungen mit Bananensteckern anschließend kann. Hierzu ist noch eine nichtisolierte Telefonbuchse für den Masseanschluß vorgesehen. Anstelle der Dioden

	Bereich	0	100	VOLL	1/10/100	5/50/500
1	8,6 - 105 Hz	8,6 Hz	65 Hz	105 Hz	Nr 24	Nr 95
2	91 Hz - 1,01 kHz	91 Hz	633 Hz	1,011 kHz	Nr 21	Nr 95
3	900 Hz - 9,78 kHz	900 Hz	6,2 kHz	9,78 kHz	Nr 22	Nr 96
4	10,56 - 109 kHz	10,56 kHz	71,3 kHz	109 kHz		Nr 9.
5	70 - 557 kHz	70 kHz	390 kHz	557 kHz		
5	kHz	100	200	300	400	500
	Nr.	40	80	93	100	Marke

tzt wer-
Typ BC
n Leist-
naxpla.
i Poten-
l Ampli-
bereiche.

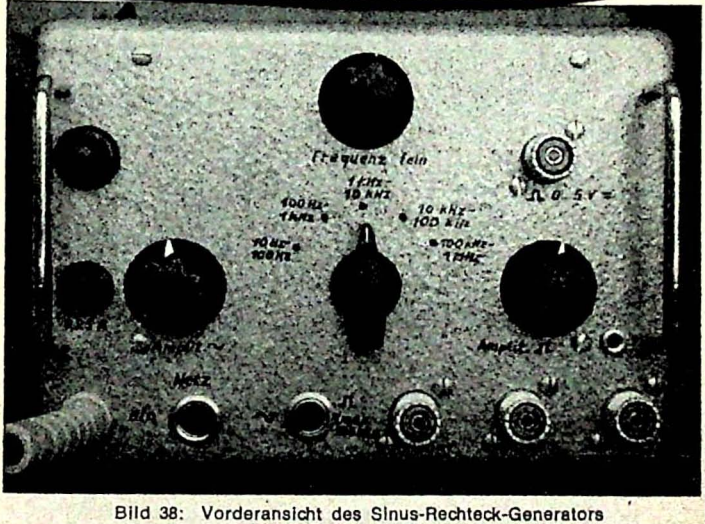


Bild 38: Vorderansicht des Sinus-Rechteck-Generators

BYY 32 können auch solche vom Typ 1 N 4003 benutzt werden, anstelle der Transistoren BSY 73 solche vom Typ BC 171 A.

Zum Einbau des Gerätes benutzte der Verfasser ein Leistner-Gehäuse Nr. 15 mit zwei Griffbügeln Nr. 102. Die Anordnung der Bedienungselemente auf der Frontplatte geht aus dem Foto Bild 38 hervor. Träger für die Generatorbauteile sind zwei Pertinaxplatten zu je 150 x 100 x 2 mm, die an den Ecken durch vier Distanzrollen von je 6 mm ϕ und 70 mm Länge zusammengehalten werden. In Verlängerung zu diesen befinden sich auf der Außenseite der einen Platte weitere vier Abstandsrollen zu je 20 mm Länge, die an der Gehäusefrontplatte festgeschraubt sind. Die vordere der Pertinaxplatten trägt neben einem Teil der Kondensatoren die drei Potentiometer für Frequenzeinstellung, Amplitude Sinus und Amplitude Reckteck sowie den Schalter für die Frequenzbereiche.

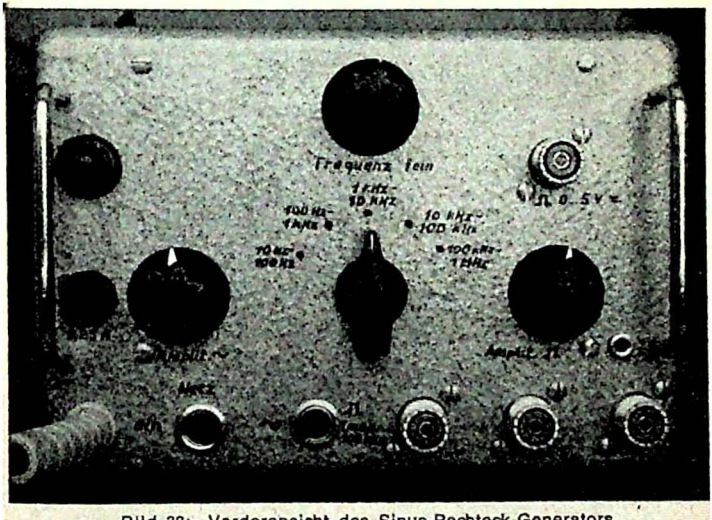


Bild 38: Vorderansicht des Sinus-Rechteck-Generators

In die hintere Platte sind Hohlnieten zum Einlöten der Transistoren, der Trimmpotentiometer, der Zenerdiode Z 6, eines großen Teils der Widerstände sowie einiger Kleinkondensatoren eingenietet. Die Glühlampe ist einseitig unmittelbar am Minuspol eines der beiden 2 500-µF-Elektrolytkondensatoren angelötet.

Die Bauteile für die Stromversorgung sind auf einem Stück Aluminiumblech 200 x 150 x 2 mm angebracht, das mit Hilfe von vier Winkeln an den Punkten der unteren Distanzroller. an den Pertinaxplatten befestigt ist. Die Zenerdioden ZL 12 und ZL 22 befinden sich zusammen mit den Gleichrichterdioden auf Lötleisten unterhalb der Aluminiumplatte. Kühlbleche sind für sie nicht erforderlich, weil sie nur relativ schwach belastet werden. Weitere Einzelheiten des Aufbaues gehen aus den Fotos Bild 39 und 40 hervor.

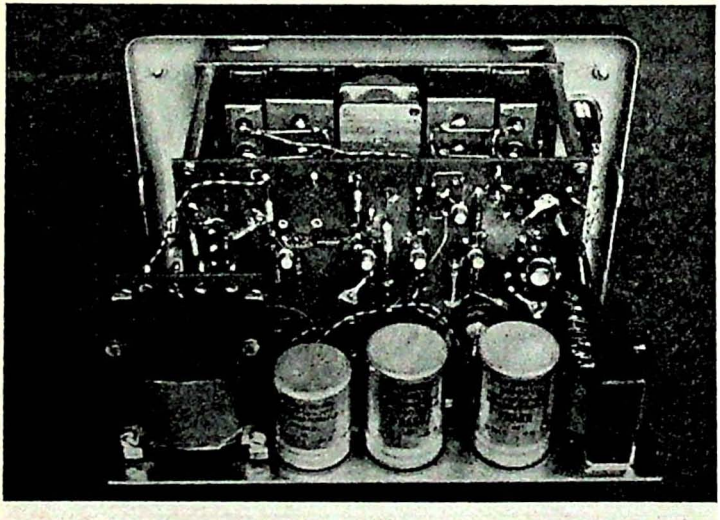


Bild 39: Obere Innenansicht des Sinus-Rechteck-Generators

Zum Verdrahten wurde isolierter Schaltdraht von 0,5 mm ϕ benutzt. Die Masseleitung besteht aus blankem Draht von 1 mm ϕ. Einige der längeren, Sinus- bzw. Rechteckschwingungen führenden Leitungen wurden abgeschirmt ausgeführt. Sie sind im Stromlaufplan durch das entsprechende Schaltsymbol gekennzeichnet. Der Schutzleiter des Netzkabels (3 x 0,75 mm²) steht über eine Lötfahne mit der Aluminiumplatte in Verbindung, die ihrerseits durch die vier Befestigungswinkel und die zugehörigen Distanzrollen mit der Frontplatte verbunden ist.

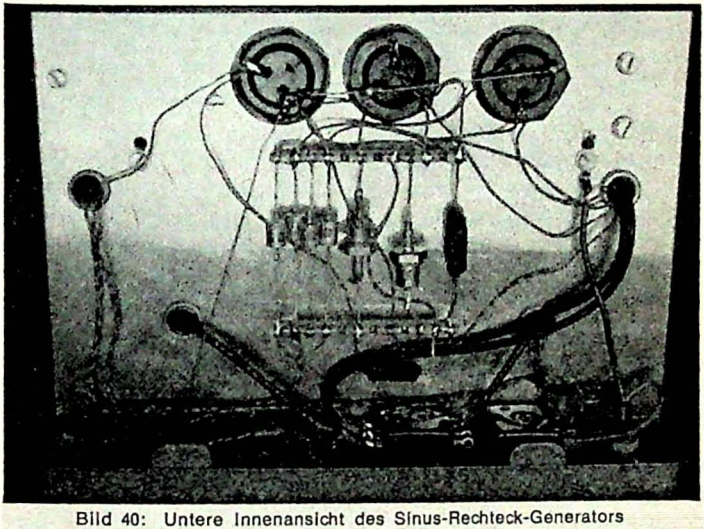


Bild 40: Untere Innenansicht des Sinus-Rechteck-Generators

5. Signalverfolger

Bei der Reparatur von Rundfunkempfängern leistet ein Signalverfolger wertvolle Dienste. Man kann mit ihm den Fehler in kurzer Zeit eingrenzen und auf diese Weise die defekte Stufe ermitteln.

Wie der Name schon andeutet, verfolgt man mit dem Gerät ein Signal, das dem Empfänger an der Antennenbuchse eingespeist wird, von Stufe zu Stufe in Richtung zum Lautsprecher so weit, bis es nicht mehr wahrnehmbar ist (Bild 41). Diejenige Stufe, bis zu deren Eingang das Signal noch durchkommt, deren Ausgang jedoch keine Signalspannung mehr führt, ist die defekte. Als Signalgenerator kann ein Prüfsender mit modulierter Ausgangsspannung benutzt werden.

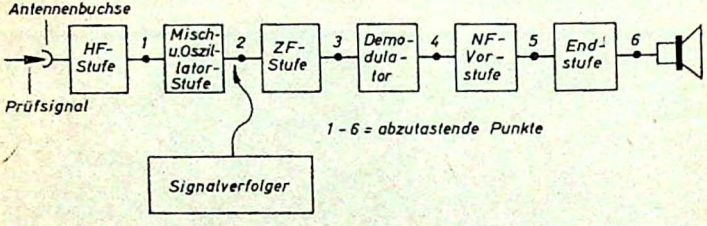


Bild 41: Prinzip der Signalverfolgung

Hauptbestandteil jedes Signalverfolgers ist ein hochempfindlicher Niederfrequenzverstärker nebst Lautsprecher.

Bei manchen Geräten kann außer der akustischen auch eine oszillografische Signalkontrolle erfolgen. Hierzu wird der Lautsprecher abgeschaltet und an den Ausgang des Signalverfolgers ein Elektronenstrahl-Oszillograf angeschlossen.

Die Abnahme des Signals vom Rundfunkempfänger geschieht mittels eines Tastkopfes, der dem Verstärkereingang vorgeschaltet ist (Bild 42). Zur Überprüfung der HF- und der ZF-Stufen des Radiogerätes wird der Schalter S in Stellung 1 gebracht. Die Signalspannung gelangt dann über den verhältnismäßig kleinen Ankoppelkondensator C 1 (ca. 10 pF) zur Diode, wo sie demoduliert wird. Bei Signalentnahme aus den NF-Stufen steht S in Stellung 2, so daß die Diode außer Betrieb und der Kondensator C 2 (ca. 10 nF) wirksam ist.

Die lose Ankopplung des Tastkopfes an die HF- und die ZF-Stufen ist deshalb notwendig, damit sich keine Verstimmung der Schwingkreise ergibt.

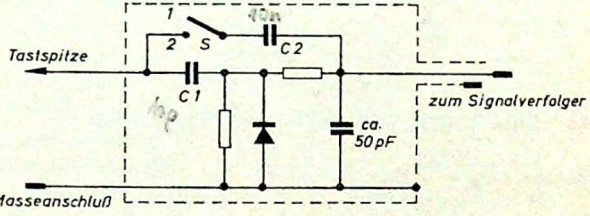


Bild 42: Tastkopf eines Signalverfolgers

Manche Signalverfolger enthalten zusätzlich einen Rechteckgenerator. Dieser erzeugt ein breites Frequenzspektrum, das anstelle des Prüfsendersignals zur Einspeisung in den Empfänger benutzt werden kann. Die Grundfrequenz der Rechteckschwingungen liegt im NF-Bereich und entspricht der Modulationsfrequenz eines Prüfsenders. Die Harmonischen der Rechteckimpulse nehmen zwar oberhalb der zehn- bis fünfzehnfachen Grundfrequenz in der Amplitude zunächst stark ab. Sie bleiben dann aber bis hinaus zu mehreren Megahertz einigermaßen konstant. Mit Werten in der Größenordnung von Mikrovolt ersetzen sie so die Prüfsender-Trägerfrequenz. — Ihrer Breitbandigkeit wegen können Rechteckschwingungen zum Empfängerabgleich nicht benutzt werden.

Die Fehlersuche kann auch in umgekehrter Weise erfolgen, indem man, bei der Endstufe beginnend, nacheinander jeder Stufe ein Signal zuführt und es im Lautsprecher abhört. Für den Niederfrequenzteil benötigt man dazu eine Spannung im Tonfrequenzbereich und für die ZF- und HF-Stufen modulierte HF-Spannung. Bei Verwendung eines Prüfsenders ist die Frequenz jeweils entsprechend einzustellen. Arbeitet man da-

gegen mit einem Rechtecksignal, kann die Frequenz für alle Stufen die gleiche bleiben. Lediglich die Amplitude muß mehr und mehr abgeschwächt werden, um sie der Stufenverstärkung des Empfängers anzupassen. Man spricht bei dieser Art von Fehlersuche nicht von Signalverfolgung sondern von Signalinjektion.

E. Der Oszillograf als Prüf- und Meßgerät

1. Allgemeines

Noch vor verhältnismäßig wenigen Jahren wurde der Oszillograf von manchem Praktiker mit einer gewissen Ehrfurcht betrachtet. Nahm man das Gerät gar in Betrieb, so erschien dies fast als feierliche Handlung.

Von dieser Mischung aus Scheu und Wertschätzung ist die Scheu glücklicherweise überwunden. Sie hatte ihren Grund einfach darin, daß Oszillografen damals noch recht teuer und deshalb selten anzutreffen waren. Nicht nur geblieben, sondern beträchtlich gestiegen ist zu Recht die Wertschätzung.

Wer sich als Praktiker mit dem Oszillografen etwas eingearbeitet hat, wird dieses Gerät nicht mehr missen wollen. Je besser er dann im Laufe der Zeit damit umzugehen lernt und je mehr Erfahrungen er sammelt, in desto größerem Maße erschließen sich ihm die Anwendungsmöglichkeiten. Eine der vielen Aufgaben, die allein mit dem Oszillografen löbar sind, ist die Aufzeichnung der Kurvenform periodischer und nichtperiodischer Schwingungen, wobei sowohl die Amplitude als auch die Impulsdauer bzw. die Frequenz gemessen werden können. In Verbindung mit einem Sinus- oder einem Rechteckimpulsgenerator ist es fernerhin möglich, den Frequenzbereich von Verstärkern zu ermitteln. Weiterhin kann der Phasenfehler gemessen werden. Man versteht darunter denjenigen Winkel, um den das Ausgangssignal gegenüber dem

Eingangssignal phasenverschoben ist. Frequenzkompensierte Spannungsteiler, wie man sie zum Abschwächen von Impulsen braucht, können mit dem Oszillografen unter Zuhilfenahme eines Rechteckgenerators abgeglichen werden.

Zur Durchführung solcher und anderer Arbeiten ist es notwendig, daß der Praktiker die Wirkungsweise des Elektronenstrahl-Oszillografen in großen Zügen kennt. Er braucht dazu keineswegs über Einzelheiten in dessen Schaltungstechnik unterrichtet zu sein. Je mehr er aber auch hierüber weiß, desto besser ist es für ihn.

Bevor deshalb über die praktische Anwendung gesprochen wird, soll im folgenden Kapitel zunächst vom grundsätzlichen Aufbau des Oszillografen die Rede sein.

2. Aufbau und Wirkungsweise

Die einschlägige Industrie bietet Oszillografen zu Preisen zwischen einigen hundert und einigen tausend Mark an. Diese verhältnismäßig große Spanne darf nun nicht die Meinung entstehen lassen, daß die teureren Geräte eine wesentlich andere Wirkungsweise als die billigeren hätten. Die Bausteine der größeren Oszillografen sind in den kleineren ebenfalls enthalten. Der Unterschied besteht in ihrer Ausgestaltung.

Bild 43 zeigt das Blockschaltbild eines solchen Meßgerätes. Hauptbestandteil ist die Elektronenstrahlröhre mit den X-Platten für die waagerechte und den Y-Platten für die senkrechte Strahlablenkung. Die zu messende Spannung wird den Y-Platten über einen Verstärker zugeführt. Je größer diese ist, desto weiter wird der Strahl von seiner Ruhelage aus abgelenkt. Bei positiver oberer und negativer unterer Platte wandert er nach oben, im umgekehrten Fall nach unten. Ist die zu messende Spannung eine Wechselspannung, findet die Auslenkung periodisch in beiden Richtungen statt. Bei genügend hoher Frequenz kann das menschliche Auge die Bewe-

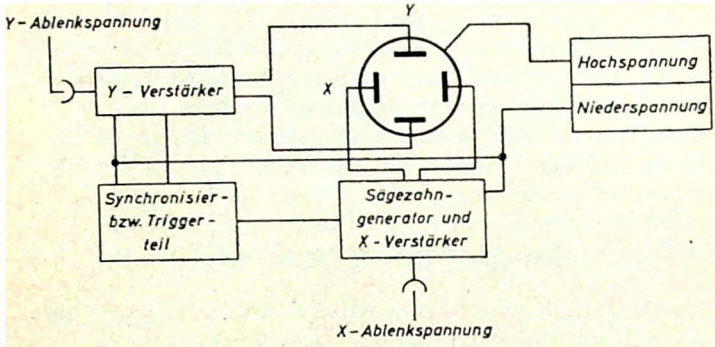


Bild 43: Blockschaltbild eines Oszillografen

gung des Leuchtstrahls auf dem Bildschirm nicht mehr erkennen, so daß es einen senkrechten Strich sieht. Der Betrag der Strahlablenkung ist der Spannung verhältnisgleich. Man kann deshalb durch Messen des zurückgelegten Weges den Spannungswert ermitteln. Um diesen Wert bequem ablesen zu können, ist bei den meisten Oszillografen der Empfindlichkeitsumschalter (Abschwächer) des Meßverstärkers unmittelbar in V/cm geeicht, während sich vor dem Bildschirm eine Plexiglasscheibe mit einem Rasternetz in cm-Teilung befindet. Beträgt beispielsweise im Bereich 5 V/cm die Strahlablenkung 3 cm, so beläuft sich die Spannung auf 5 V/cm · 3 cm = 15 V. Beim Messen von Wechselspannung erhält man auf diese Weise stets den sogenannten Scheitel-zu-Scheitel- oder Spitze-zu-Spitze-Wert (Vss). Er beträgt das 2,82fache des Effektivwertes. Dieser Faktor ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen Spitzen- und Effektivwert sowohl der positiven als auch der negativen Halbwelle.

Zu reinen Spannungsmessungen brauchen also lediglich die Y-Platten benutzt zu werden. Um jedoch auch die Kurvenform von Schwingungen sichtbar machen und Frequenzen messen zu können, ist der Elektronenstrahl noch in waagerechter

Richtung abzulenken. Hierzu wird an die X-Platten eine Sägezahnspannung angelegt, die zeitlinear ansteigt. Die Linearität ist erforderlich, damit der Strahl in gleichen Zeitabschnitten gleich große Strecken auf dem Bildschirm zurücklegt. Entspricht die Anstiegszeit des Sägezahns der Periodendauer der Meßspannung an den Y-Platten, so wird auf dem Schirm eine volle Schwingung dieser Spannung wiedergegeben (Bild 44). Ist die Anstiegszeit hingegen doppelt bzw. dreimal so groß wie die Periodendauer der zu messenden Wechsespannung, werden zwei bzw. drei Schwingungszüge abgebildet. Um den Strahlrücklauf während des Sägezahnabfalls auf null unsichtbar zu machen, wird dem Steuergitter der Röhre ein Sperrimpuls entsprechender Dauer zugeführt.

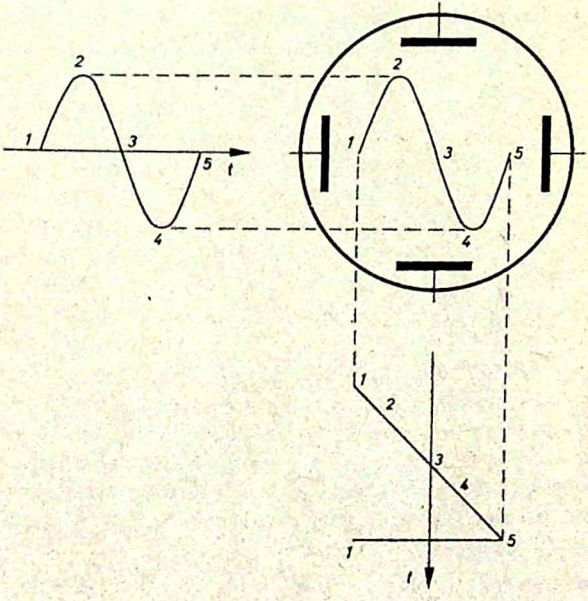


Bild 44: Zur Entstehung des Schirmbildes beim Oszillografen

Ein stehendes Bild ergibt sich nur dann, wenn Meßspannungs- und Sägezahnfrequenz in einem gleichbleibenden Verhältnis zueinander stehen. Schon bei kleinsten Änderungen der einen oder der anderen Frequenz wandert das Bild in waagerechter Richtung. Da eine absolut genaue Frequenzkonstanz praktisch jedoch nicht erreichbar ist, bringt man die Sägezahnfrequenz durch Synchronisieren künstlich in Gleichlauf mit der Meßfrequenz.

Eine weitere Möglichkeit, stehende Schirmbilder zu erhalten, ist das sogenannte Triggern. Hier arbeitet der Sägezahnspannungsgenerator nicht freilaufend wie beim Synchronisieren. Er wird vielmehr erst dann ausgelöst, wenn die Meßspannung einen bestimmten Schwellwert, der verhältnismäßig niedrig liegt, überschreitet. Der Strahl wird hierdurch nach rechts ausgelenkt und kehrt danach in seine Ruhestellung zurück. Erst ein neuer Meßspannungsimpuls läßt ihn abermals über den Bildschirm wandern. Das Triggern hat erstens den Vorteil, daß man auch einmalig ablaufende Vorgänge darstellen kann, während zum Synchronisieren periodisch wiederkehrende Meßspannungsimpulse erforderlich sind. Zweitens können bei einem triggerbaren Zeitablenkgenerator die einzelnen Stellungen des Umschalters unmittelbar in Zeit pro Zentimeter geeicht werden. Auf diese Weise lassen sich verhältnismäßig genaue Zeit- und Frequenzmessungen durchführen.

Über einen X-Verstärker kann den X-Platten auch von außen her eine Ablenkspannung zugeführt werden, was für Phasenwinkelmessungen mit Hilfe Lissajous'scher Figuren erforderlich ist. Hierzu wird durch einen entsprechenden Umschalter der Sägezahngenerator aus- und der X-Verstärker eingeschaltet. Der Ablenkkoeffizient des X-Einganges liegt in der Größenordnung von 1 V/cm.

Zur Stromversorgung enthält jeder Oszillograf einen Hoch- und einen Niederspannungsteil. Die Hochspannung dient als

Anodenspannung für die Elektronenstrahlröhre. Sie beträgt zwischen 700 und einigen 1 000 V. Je höher sie liegt, desto größer ist die erreichbare Bildhelligkeit.

Als Beispiel für einen hochwertigen Oszillografen, der sich durch vielseitige Anwendungsmöglichkeiten auszeichnet, soll nachstehend das Modell G 8/13 der Firma Grundig vorgestellt werden. Bild 45 zeigt die Ansicht des Gerätes. Der Meßverstärker ist umschaltbar und kann wahlweise als Gleich- und als Wechselspannungsverstärker betrieben werden. Im ersten Fall erstreckt sich sein Frequenzbereich von 0—8 MHz bei einem Abfall der Verstärkung auf — 3 dB (ca. 71%, von

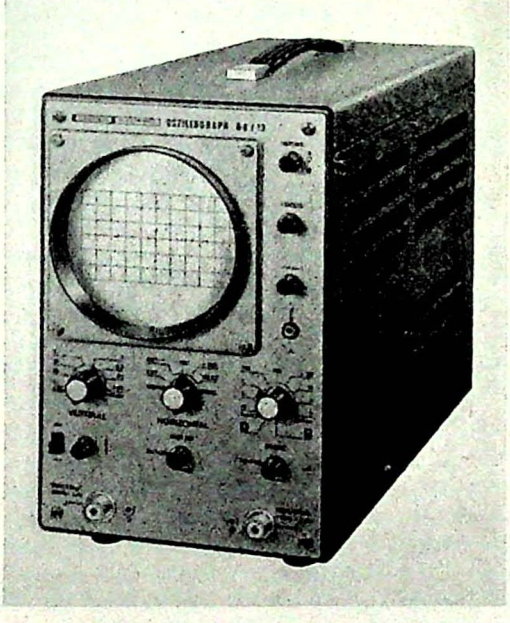


Bild 45: Ansicht des Oszillografen G 8/13 (Werkfoto Grundig)

100 % aus gerechnet) an der oberen Grenze und von 0 — 11 MHz bei einem solchen auf — 6 dB (50 %). Als Wechselspannungsverstärker besitzt er einen Bereich von 2 Hz — 8 MHz (— 3 dB an beiden Grenzen) bzw. von 1 Hz — 11 MHz (— 6 dB). Der Verstärkungsverlauf in Abhängigkeit von der Frequenz ist in Bild 46 wiedergegeben, worin die gestrichelte Kurve für die tiefen Frequenzen in Stellung „Wechselspannung" gilt.

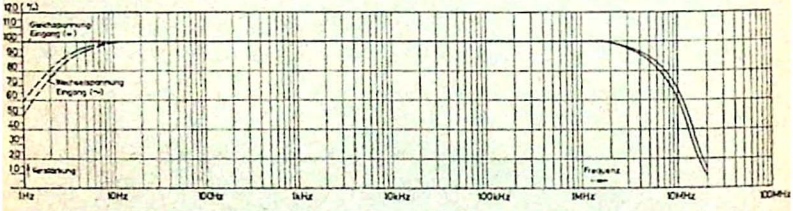


Bild 46: Vertikalverstärker-Übertragungsbereich des Oszillografen G 8/13

Der Ablenkkoeffizent des Y-Teils, also des Meßverstärkers einschließlich der Y-Platten der Elektronenstrahlröhre, beträgt 30 mV/cm. Durch einen umschaltbaren, frequenzkompensierten Spannungsteiler kann die Meßempfindlichkeit auf 7 verschiedene Werte eingestellt werden (30/100/300 mV/cm, 1/3/10/30 V/cm. Zu dem Oszillografen ist ein Gleichspannungs-Vorverstärker (Type VB 2) mit 100facher Spannungsverstärkung lieferbar, so daß sich die Ablenkempfindlichkeit auf 0,3 mV/cm steigern läßt.

Die Zeitablenkspannung des Sägezahngenerators kann wahlweise synchronisiert, getriggert und automatisch getriggert werden. Bei automatischer Triggerung entfällt das Einstellen des Niveau-Potentiometers für die Ansprechempfindlichkeit der Sägezahnauslösung. Die Zeitablenkung besitzt 9 Stufen mit der Unterteilung 10/3/1 ms/cm und 300/100/30/10/3/1 µs/cm. Fernerhin ist noch je eine Stufe „Bild" und „Zeile"

vorhanden, die für Untersuchungen an Fernseh-Empfängern bestimmt sind. — Bei Bedarf kann die Sägezahnspannung über eine hierzu vorgesehene Buchse auch nach außen geführt werden.

Neben den Bedienungsknöpfen für die Vertikal- und die Horizontalablenkung ist noch je ein Einsteller für Bildhelligkeit und -Schärfe sowie für die Bildverschiebung in senkrechter und waagerechter Richtung vorgesehen.

Der Oszillograf G 8/13 ist einschließlich der Bildröhre mit 13 Röhren bestückt, die insgesamt 20 Funktionen erfüllen. Fernerhin enthält das Gerät 8 Dioden und 3 Selengleichrichter.

3. Impulsdauer- und Frequenzmessungen

Aus der Vielzahl der Messungen, die mit dem Oszillografen vorgenommen werden können, seien nachstehend einige der wichtigsten herausgegriffen. Über Spannungsmessungen wurde bereits an anderer Stelle gesprochen, weshalb sie hier übergangen werden können.

Sehr häufig sind Impulsdauer- und Frequenzmessungen auszuführen. Hierzu ist der triggerbare Oszillograf am besten geeignet. Man führt die Meßspannung dem Y-Eingang zu und wählt für die X-Ablenkung einen solchen Zeitmaßstab, daß auf dem Leuchtschirm nur einige wenige Perioden abgebildet werden. Sodann ermittelt man anhand der Rastereinteilung oder unter Zuhilfenahme eines Zentimetermaßes die Impulsbreite. Beläuft sich diese bei einer Ablenkgeschwindigkeit von beispielsweise 300 µs/cm auf 1,8 cm, so beträgt die Impulsdauer 300 µs/cm · 1,8 cm = 540 µs.

Frequenzmesssungen werden auf dem Umweg über die Messung der Periodendauer vorgenommen. Diese darf nicht mit der Impulsdauer verwechselt werden. Letztere kann nämlich je nach der Kurvenform der Schwingungen wesentlich kürzer als die Periodendauer sein. Einige Beispiele dazu sind in Bild 47 angegeben. Bei Schwingungen gemäß Bild 47a ist

die Periodendauer tp gleich der Impulsdauer. Sinusschwingungen setzten sich je Periode aus einer positiven und einer negativen Halbwelle zusammen (Bild 47 b). Bei einer Kurve nach Bild 47c ist die Periodendauer tp um ein vielfaches länger als die Impulsdauer.

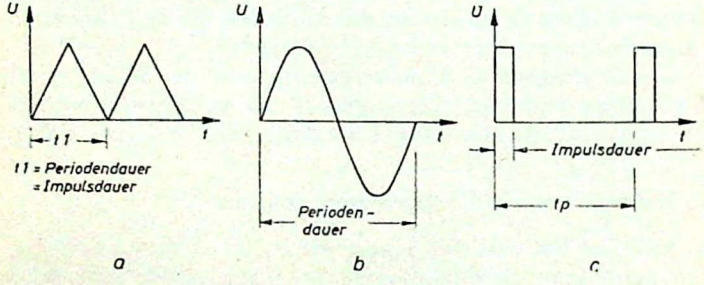


Bild 47: Zur Perioden- und Impulsdauer

Aus der Periodendauer tp ergibt sich die Frequenz zu

$$f = \frac{1}{tp} .$$

Beträgt diese zum Beispiel 5 ms, so kann daraus auf eine Frequenz von

$$f = \frac{1}{tp} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3}{5} = 200 \text{ Hz}$$

geschlossen werden.

Sollen Frequenzen mit einem nicht triggerbaren Oszillografen gemessen werden, so kann dies durch Vergleich mit der Frequenz der Zeitablenkung geschehen. Es dürfen hierbei jedoch keine hohen Ansprüche an die Genauigkeit gestellt werden. Erstens stimmen nämlich die am Umschalter für die Horizontalablenkung angegebenen Frequenzen nur annähernd. Ein weiterer Fehler ergibt sich bei dieser Meßart durch den

Rücklauf des Elektronenstrahls. Je nach dem Verhältnis zwischen Hin und Rücklaufzeit erhält man einen etwas zu hohen Frequenzwert. Je mehr Perioden jedoch abgebildet werden, desto kleiner wird der Fehler.

Zum Messen legt man die Spannung mit der unbekannten Frequenz an den Eingang des Y-Verstärkers und stellt die Zeitablenkung so ein, daß auf dem Leuchtschirm nach Möglichkeit wenigstens 3 Perioden dargestellt werden, und zählt diese ab. Bei 4 Schwingungszügen und bei einer Zeitablenkfrequenz von 10 kHz beträgt die zu messende Frequenz $4 \cdot 10\ \text{kHz} = 40\ \text{kHz}$.

4. Phasenmessungen

Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet des Elektronenstrahl-Oszillografen ist das Messen des Phasenwinkels zwischen zwei Wechselspannungen mit Hilfe einer Lissajous'schen Figur. Hierzu wird die eine der zu vergleichenden Spannungen an den Y-Eingang angelegt, die andere an den X-Eingang. Bei gleicher Phasenlage erscheint auf dem Bildschirm eine

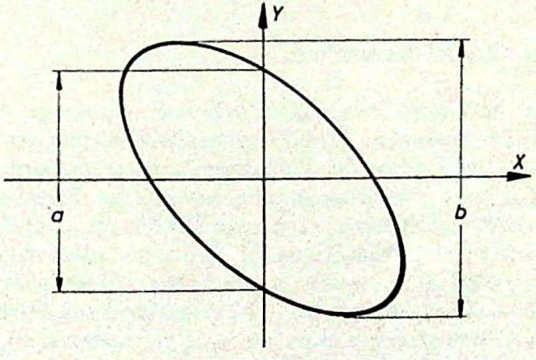


Bild 48: Zur oszillografischen Messung des Phasenwinkels (Werkbild Grundig)

gerade Linie. Ihr Neigungswinkel hängt vom Amplitudenverhältnis der Spannungen und von der jeweiligen Ablenkempfindlichkeit des Y- und des X-Verstärkers ab. Stimmt man die Ablenkempfindlichkeiten in Bezug auf die Amplituden so aufeinander ab, daß der Elektronenstrahl senkrecht und waagerecht gleich weit ausgelenkt wird, so beträgt die Neigung der Geraden 45°. Wird jetzt die eine Spannung in ihrer Phasenlage gegenüber der zweiten verschoben, so bildet sich die Linie zu einer Ellipse aus, deren Breite mit dem Phasenwinkel zunimmt (Bild 48). Bei einer Phasendifferenz von 90° entsteht aus der Ellipse ein Kreis.

Die Strecken a und b des Schirmbildes sind ein Maß für den Phasenwinkel. Man mißt sie aus und bringt sie zueinander ins Verhältnis, womit sich der Sinus des Winkels ergibt:

$$\sin \varphi = \frac{a}{b}$$

Der Phasenwinkel φ selbst kann aus einer Tabelle der Winkelfunktionen ersehen werden.

5. Prüfen von NF-Verstärkern

In entsprechender Weise läßt sich auch diejenige Phasenverschiebung ermitteln, die die Ausgangsspannung eines NF-Verstärkers gegenüber der Eingangsspannung aufweist. Man speist dazu eine Wechselspannung bestimmter Frequenz und Amplitude in den Verstärker ein und führt sie zugleich dem Y-Verstärker des Oszillografen zu. Die Verstärker-Ausgangsspannung wird — nötigenfalls über einen Spannungsteiler-Tastkopf — dem Eingang des X-Verstärkers zugeleitet. (Bei manchen Oszillografen stehen die X-Ablenkplatten mit rückseitig liegenden Buchsen in Verbindung, an die die Verstärker-Ausgangsspannung unter Umständen auch unmittelbar

angelegt werden kann). Als Signalspannungsquelle ist der Sinusteil des in Abschn. D, Kap. 4, beschriebenen Sinus-Rechteck-Generators geeignet.

Mit diesem Generator und mit einem Oszillografen kann auch geprüft werden, welche Eingangsspannung einem Verstärker höchstens zugeführt werden darf, ohne ihn zu übersteuern. Hierzu schaltet man den Zeitablenkgenerator ein und verbindet den Verstärkerausgang mit dem Y-Eingang des Oszillografen, während die Ausgangsspannung des Sinusgenerators in den Verstärker eingespeist wird. Danach erhöht man, von null ausgehend, die Sinusspannung bis kurz vor den Wert, bei dem sich auf dem Bildschirm eine Verzerrung der Kurvenform zeigt. Die Verzerrung kann sowohl bei den positiven oder negativen Spitzen als auch bei beiden zugleich auftreten. Nun beläßt man den Sinusgenerator in seiner Einstellung, klemmt den Verstärker ab und leitet die Sinuswellen dem Y-Eingang unmittelbar zu. Ihre Amplitude kann jetzt vom Bildschirm abgelesen werden.

II. WERKSTATTPRAXIS

A. Einrichten einer kleineren Rundfunk- und Elektronik-Werkstatt

a) Mechanische Ausstattung

1. Der Arbeitstisch

Je weiter man als Praktiker in die Rundfunktechnik und in die Elektronik eindringt, desto umfangreicher und vielseitiger werden die zu bewältigenden Arbeiten, und zwar sowohl in mechanischer als auch in elektrischer Hinsicht. Kleinere Geräte können zur Not noch am Wohnzimmertisch aufgebaut und verdrahtet werden, doch ist dies bei größeren kaum mehr möglich.

Zumindest die mechanischen Arbeiten, wie Sägen, Körnen, Bohren, Feilen, sollten deshalb an einem eigens dafür bestimmten Tisch ausgeführt werden, auf dem man gelegentlich auch einmal etwas liegen lassen kann. Seine Höhe sollte etwa 80—85 cm betragen, seine Fläche möglichst nicht weniger als 60 x 80 cm. Zur Not ist ein ausgedienter, stabiler Küchentisch verwendbar, der aber nicht zu leicht sein darf, damit er einen einigermaßen festen Stand hat. Besser eignet sich ein älterer Schreibtisch. Er hat einmal den Vorteil, daß er verhältnismäßig schwer ist. Außerdem können in seinem Untersatz Werkzeuge und Materialien aufbewahrt werden.

Ein unerläßliches Zubehör zum Werktisch ist ein Schraubstock, am besten ein Parallelschraubstock. Er erhält seinen Platz an der rechten Vorderseite der Platte.

Stellt man den Tisch im Wohnzimmer auf, so kann bei zeitweiliger Nichtbenutzung der Schraubstock abgenommen und eine Decke aufgelegt werden. Die Frau des Hauses wird dies sicher begrüßen.

2. Werkzeuge

Beim Anfänger bestehen oftmals Unklarheiten darüber, welche Werkzeuge zu den mechanischen Arbeiten überhaupt erforderlich sind. Hier muß man unterscheiden zwischen der unbedingt notwendigen Grundausrüstung und solchen Werkzeugen, die im Laufe der Zeit zur Vervollständigung der Werkstatt dann nach und nach noch anzuschaffen sind.

Die Grundausrüstung soll in erster Linie die Bearbeitung von Aluminiumblech und von Hartpapier ermöglichen. Dazu braucht man eine Metall- und eine Laubsäge, zwei Schraubzwingen zum Festspannen des Materials auf der Tischplatte, eine Flach- und eine Rundfeile, einen Maßstab, einen Zirkel zum Anreißen runder Ausschnitte, eine kleine Handbohrmaschine mit Spiralbohrern 2,4, 3,2, 4, 5 und 6 mm ϕ, einen Körner, einen Hammer (200 g) und eine Reißnadel. Zum Grundbestand gehören fernerhin noch einige Werkzeuge zur Montage der Bauteile, nämlich verschiedene Schraubenzieher, eine Kombinationszange sowie eine kleinere Flachzange.

Diese Grundausstattung sollte späterhin noch durch folgende Werkzeuge ergänzt werden: Mehrere Feilen (grob und fein), einen Satz Schlüsselfeilen, eine Schieblehre, Gewindebohrer für Gewindelöcher M 2, M 3 und M 4 nebst Windeisen zum Einspannen, eine größere Handbohrmaschine (bis 12 mm spannend) sowie einen Satz Spiralbohrer 1—12 mm ϕ, einen Senker, einige Reibahlen zum Aufweiten von Löchern, verschiedene Zangen, einen Anschlagwinkel, einen Satz Steckschlüssel 3,5—14 mm, einen Satz Maulschlüssel 6—22 mm und eine Stahlplatte oder einen kleinen Amboß als Unterlage beim Körnen.

Die Aufbewahrung der Werkzeuge sollte so erfolgen, daß man sie schnell griffbereit hat. Man wird sie also entweder in einer Schublade des Arbeitstisches unterbringen, die in entsprechende Fächer eingeteilt ist, oder sie an ein sogenanntes

Werkzeugbrett hängen, in das zu diesem Zweck Holzschrauben eingedreht werden, und das man seitlich am Tisch oder an der Wand befestigen kann.

3. Vorratshaltung von Werkstoffen

Aluminiumblech, Hartpapier, Sperrholz und Hartfaserplatte sind Werkstoffe, die der Praktiker immer wieder braucht. Es empfiehlt sich deshalb, kleinere Mengen dieser Materialien stets vorrätig zu halten, um die zu einer bestimmten Arbeit erforderlichen Stücke nicht jedesmal einzeln beschaffen zu müssen.

Das Aluminiumblech soll halbhart sein, da diese Sorte sich gut biegen läßt. Mit den Stärken 1 und 1,5 mm kommt man für die meisten Zwecke aus.

Hartpapier (Pertinax) wird vorwiegend zum Anfertigen ganzer Chassisplatten mit eingesetzten Hohlnieten zum Einlöten der Schaltelemente und zum Herstellen von Lötfahnenbrettchen gebraucht. Für den erstgenannten Zweck benötigt man eine Materialstärke von 2—2,5 mm; für letzteren reicht eine solche von 1—1,5 mm aus.

Sperrholz und Hartfaserplatte finden beim Bau von Radiogehäusen und Schallwänden Verwendung.

Reste und Abfälle von Aluminiumblech und von Hartpapier sollten nicht fortgeworfen werden, da man sie meist noch zum Anfertigen von Verstrebungen, Winkeln und Halterungen benutzen kann. Sperrholzreste können als Unterlage beim Bohren dienen. Sie eignen sich fernerhin als Schraubstockbacken-Einlage für Werkstücke, die nicht unter hartem Druck eingespannt werden dürfen.

4. Aufbewahrung von Kleinteilen

Kleinteile, also Schrauben, Muttern, Scheiben, Nieten, Lötfahnen usw., werden vorteilhaft in Magazinkästen aus klarem

Kunststoff aufbewahrt. Diese besitzen eine mehr oder weniger große Anzahl von Fächern und ermöglichen so eine gute Übersicht. Die Kästen sind sowohl einzeln als auch in Sätzen mit einem passenden Gestell lieferbar.

b) Elektrische Ausstattung

1. Einrichten des Arbeitsplatzes

Die elektrischen Arbeiten, also das Verdrahten, den Empfängerabgleich, das Prüfen und Messen sowie gelegentliche Reparaturen, kann der Praktiker entweder an dem zuvor beschriebenen Arbeitstisch für mechanische Zwecke, besser noch aber an einem zweiten Tisch ausführen. In jedem Fall sollte man den Platz zuvor so herrichten, daß man ein möglichst bequemes Arbeiten hat.

Während die mit dem mechanischen Aufbau eines Gerätes verbundenen Arbeitsgänge vorwiegend im Stehen ausgeführt werden, handelt es sich bei den elektrischen Arbeiten mehr um eine Beschäftigung im Sitzen. Dem ist dadurch Rechnung zu tragen, daß man den zweiten Tisch etwas niedriger wählt (ca. 75 cm).

Besonders wichtig sind leicht erreichbare Steckdosen zum Anschließen des Lötkolbens, des Empfängers, der Prüf- und Meßgeräte sowie einer Tischleuchte. Die Steckdosen, etwa 3 — 6 Stück, werden günstig nebeneinander rechts an der vorderen Zarge angebracht. Bei einem Schreibtisch ist dies natürlich nicht möglich; hier wird man sie an der rechten Innenseite des Unterbaues montieren. In jedem Fall hängen so die Zuleitungen zu den verschiedenen Geräten nach unten und liegen nur zu einem Teil ihrer Länge auf der Tischplatte auf. Von den Dosen führt ein Stück Kabel, das durch eine Schelle zugentlastet ist, zur Zimmersteckdose. Anstelle von Einfachsteckdosen können auch Doppel oder Dreifachsteckdosen benutzt werden.

Steht für die mechanischen und die elektrischen Arbeiten nur ein einziger Tisch zur Verfügung, so ist eine Plattenhöhe von ungefähr 80 cm anzustreben.

2. Hinweise zum Bau einer Schalttafel

In der Rundfunk- und Elektronikwerkstatt leistet eine Schalttafel, auf der verschiedene Prüf- und Meßeinrichtungen zusammengefaßt sind, außerordentlich nützliche Dienste.

Als Beispiel zeigt Bild 49 den Stromlaufplan einer Schalttafel, die sich seit einigen Jahren beim Verfasser gut bewährt hat. Sie steht über den Hauptschalter S (Kipp-Einbauschalter), die Hauptsicherung Si und den Netzstecker mit dem Lichtnetz in Verbindung. Eine Signalglimmlampe Gl mit eingebautem Vorwiderstand (nicht mit eingezeichnet) zeigt den Betriebszustand an. Die Netzspannung führt über je ein Dreheisen-Amperemeter an zwei Steckdosen. Der Meßbereich des einen Instrumentes beträgt 0,5 A, der des zweiten 2,5 A. Das Amperemeter mit dem kleineren Bereich ist besonders abgesichert. Schließt man an die Steckdosen ein Gerät an, so kann der aufgenommene Strom sofort abgelesen werden.

Die Netzspannung liegt weiterhin an der Primärwicklung eines Netztransformators an, dem gleichfalls eine eigene Sicherung zugeordnet ist. Ein Selengleichrichter in Brückenschaltung, zwei Elektrolyt-Kondensatoren zu je 50 µF und eine Drossel bewirken die Gleichrichtung und Siebung der aus der Anodenwicklung kommenden Wechselspannung. Die so gewonnene Gleichspannung kann zu Prüfzwecken an den Buchsen 1 und 2 abgenommen werden. Sie dient außerdem als Speisespannung für die Glimmlampe Gl 1, die von den Buchsen 3 und 4 aus als Durchgangsprüfer für hochohmige Schaltelemente und zum Prüfen von Kondensatoren zu benutzen ist (vgl. Abschn. A, Kap. 2 u. 6). Die Buchsen 5 und 6 stehen mit der Heizwicklung (6,3 V) in Verbindung. Ein Durchgangsprüfer für niederohmige Bauteile ist ebenfalls vorhanden (Buchsen 7 und 8).

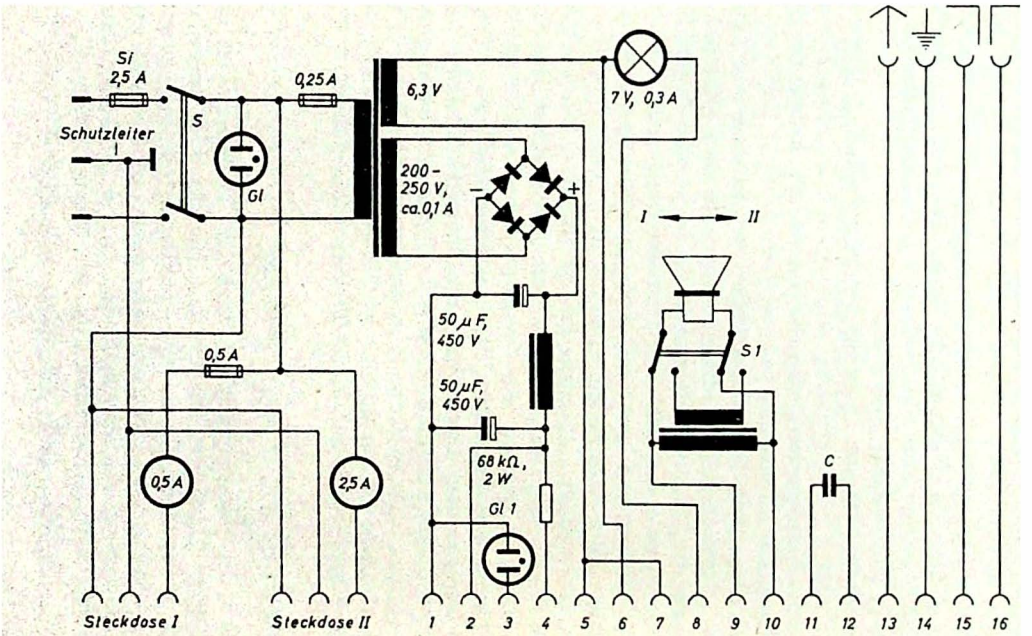


Bild 49: Stromlaufplan einer Schalttafel

Um den Prüflautsprecher möglichst vielseitig anwenden zu können, ist hinter den Buchsen 9 und 10 ein zweipoliger Umschalter S 1 vorgesehen, durch den man ihn wahlweise entweder direkt (niederohmig) oder über den Übertrager (hochohmig) betreiben kann. In Stellung I ist er niederohmig, in Stellung II hochohmig geschaltet.

Die Buchsen 11 und 12 stehen mit dem Prüfkondensator C (16 µF, 500 V) in Verbindung. Man sollte hier jedoch keinen Elektrolyt-Kondensator verwenden, um nicht jedesmal auf die Polung achten zu müssen.

Als letztes seien die Buchsen 13 und 14 (Antenne und Erde) sowie 15 und 16 (UKW-Dipol) genannt. Sie sind nicht unbedingt erforderlich, doch gestatten sie ein bequemeres Anschließen des zu untersuchenden Rundfunkempfängers.

Wer Wert darauf legt, kann noch ein Voltmeter zur Kontrolle der Netzspannung einbauen.

Die Montage der Einzelteile erfolgt auf einer Aluminiumplatte (1,5–2 mm), die man auf einen Holzrahmen schraubt. Die Platte ist, ebenso wie die Schutzkontakte der beiden Steckdosen, mit dem Schutzleiter des Netzkabels zu verbinden. Um für den Lautsprecher Schallaustrittsöffnungen zu schaffen, bringt man an der Stelle der Platte, an der er montiert werden soll, in Form einer symmetrischen Figur eine Reihe von Löchern an (2–2,5 mm ϕ). Die fertige Schalttafel erhält ihren Platz an der Wand über dem Arbeitstisch.

3. Werkzeuge und sonstige Hilfsmittel

Eines der wichtigsten Werkzeuge des Praktikers ist ein elektrischer Lötkolben. Die Leistung braucht nicht mehr als 30 W zu betragen. Für feinere Lötarbeiten genügen bereits 8 W. — Weiterhin werden ein Kabelmesser, eine Rundzange, eine Spitzzange, ein Seitenschneider, diverse Schraubenzieher (möglichst mit isoliertem Heft) und ein Staubpinsel im Flachformat benötigt. Zum Abgleichen von Spulenkernen und

Trimmkondensatoren ist ein Satz Abstimmwerkzeuge unerläßlich.

Für Prüf- und Meßarbeiten stellen die bekannten Krokodilklemmen (blank und isoliert), Prüfspitzen und Klemmprüfspitzen recht nützliche Hilfsmittel dar.

4. Prüfschnüre und ihre Aufbewahrung

Unentbehrlich für den Praktiker sind sogenannte Prüfschnüre. Man versteht darunter kunststoffisolierte und flexible einpolige Leitungen, die an jedem Ende einen Bananenstekker besitzen. Sie sollten aus möglichst feindrähtiger Litze von $1-1{,}5$ mm² Querschnitt bestehen. Solche Schnüre können leicht selbst angefertigt werden. Es ist dabei ratsam, verschiedene Längen zu wählen, etwa 0,25, 0,50 1,00 und 1,50 m. Die Stecker werden nicht angeschraubt, sondern angelötet, da sie sich so nicht wieder lösen können. Zur besseren Unterscheidung empfiehlt es sich, jeder Schnurlänge eine eigene Bananensteckerfarbe zuzuordnen.

Die Aufbewahrung der Schnüre sollte unter dem Gesichtspunkt erfolgen, daß sie sich nicht miteinander verschlingen können. Eine geeignete Lösung ist in Bild 50 dargestellt. Die Sperrholzplatte S weist mehrere Einschnitte auf, die etwas breiter als der Durchmesser der Leitungen sind, so daß man die Schnüre an den Steckern einhängen kann. Es werden so-

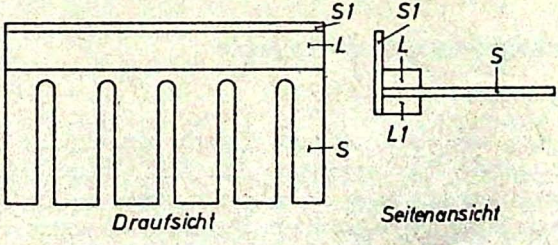


Bild 50: Holzgestell zur Aufbewahrung von Prüfschnüren

viele Einschnitte benötigt, wie Schnurlängen vorhanden sind, damit die Schnüre ihrer Länge nach sortiert aufbewahrt werden können. Am Ende der Platte S sind mittels dreier Gewindeschrauben nebst Muttern zwei Leisten L und L 1 festgeschraubt, an denen ein zweites Sperrholzbrett S 1 befestigt ist. Es wird durch einige Senk-Holzschrauben gehalten. Das Brett S 1 weist oben zwei Löcher auf, um es an der Wand befestigen zu können. Die Höhe des Gestells über dem Fußboden wird so gewählt, daß auch die längsten Schnüre noch frei aushängen.

Es kann auch eine Aufhängevorrichtung aus Aluminiumblech angefertigt werden, die aus einem Stück gebogen ist (Bild 51). Die Materialstärke sollte nicht weniger als 1,5 mm betragen. An der Vorderseite wird das Blech etwas nach oben umgekantet, damit die Schnüre nicht abrutschen können. Die Schlitze werden vor dem Biegen mit der Laubsäge ausgeschnitten.

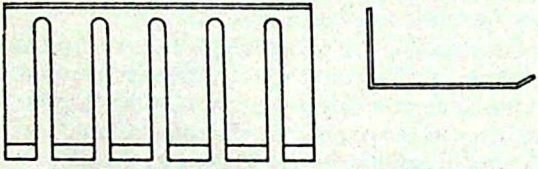


Bild 51: Aufhängevorrichtung aus Aluminiumblech für Prüfschnüre

B. Gerätegestelle und -Gehäuse

1. Allgemeines

Das Apparategestell, oft auch Chassis genannt, ist Träger aller Einzelteile des betreffenden Gerätes. Seine Festigkeit muß deren Gewicht angepaßt sein. Für schwerere Aufbauten wird deshalb im allgemeinen ein Metallgestell verwendet. Es hat zugleich den Vorteil, daß es diejenigen Bauteile, zwischen

denen das Metall als Trennwand liegt, voneinander abschirmt. Kleinere Geräte werden dagegen vielfach mit einem Chassis aus Hartpapier ausgerüstet, das auf Abstandsrollen oder auf Winkeln ruht.

Zum Einbau des fertig montierten und verdrahteten Gestells ist ein Gehäuse erforderlich. Dieses besteht bei Rundfunkempfängern meist aus Holz oder aus Kunststoff, bei Prüf- und Meßgeräten aus Metall.

Der Praktiker ist manchmal unschlüssig, ob er ein benötigtes Empfängergestell selbst bauen oder ob er auf ein Chassis aus Industrie-Restbeständen zurückgreifen soll, das in Geschäften für Rundfunkeinzelteile preiswert erhältlich ist. Um diese Frage entscheiden zu können, muß er sich vorher Gedanken über das Empfängergehäuse gemacht haben. In den meisten Fällen wird er ein Industriegehäuse verwenden wollen, das ebenfalls sehr billig ist und zu dem häufig auch gleich ein passendes Gestell nebst Skala mitgeliefert werden kann. Es kommt nun darauf an, ob dieses Gestell — es besteht aus Eisenblech, ist also nachträglich nicht ganz leicht zu bearbeiten — auch genügend Aussparungen und Durchbrüche besitzt, um alle Bauteile ohne umfangreichere Vorarbeiten montieren zu können. Ist diese Voraussetzung gegeben und passen Chassis und Gehäuse zusammen, so kann man das Gestell fertig kaufen. Das gleiche gilt für den Fall, daß man das Gehäuse selbst anfertigen möchte und sich deshalb wegen der Maße keine Rücksichten aufzuerlegen braucht. Ist jedoch zu dem ausersehenen Radiogehäuse kein passendes Chassis erhältlich, und das ist nicht selten der Fall, so läßt sich der Selbstbau nicht umgehen. Viele Praktiker ziehen auch trotz der damit verbundenen Mehrarbeit die Selbstanfertigung aus dem Grunde vor, weil sie so die Bauteile nach eigenen Vorstellungen anordnen können. Außerdem sieht das fertige Gerät dann meist sauberer aus, da keine unbenutzten Löcher und Ausschnitte vorhanden sind. Bei einem Industriechassis hingegen werden stets einige Durchbrüche frei bleiben.

Als Material wird für das Selbstbau-Radiogestell vorwiegend Aluminiumblech von 1 — 1,5 mm Dicke benutzt, das sich gut bearbeiten läßt.

Beim Selbstbau von Prüf- und Meßgeräten empfiehlt es sich, auf Gehäuse aus hammerschlaglackiertem Eisenblech zurückzugreifen. Solche Gehäuse werden in den verschiedensten Größen hergestellt und enthalten meist ein passendes, zerlegbares Chassis. Da sie noch keinerlei Durchbrüche und Aussparungen besitzen, lassen sich mit ihnen sehr sauber aussehende Geräte aufbauen. Sie sind zu verhältnismäßig niedrigem Preis in Geschäften für Radio- und Elektronikteile erhältlich.

2. Gestellformen

Das einfachste Chassis ist das sogenannte Flachchassis, das aus Aluminiumblech oder aus Hartpapier bestehen kann. Zur Befestigung im Gehäuse erhält es oben und unten je zwei Winkel (Bild 52), an denen man es in senkrechter Stellung festschraubt. Die Montage der Einzelteile erfolgt in der Weise,

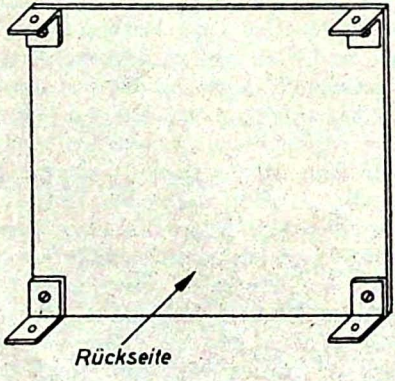


Bild 52: Flachchassis

daß man die Achsen der Bedienungsorgane, also der Potentiometer, Drehkondensatoren und Schalter, in die eine Richtung weisen läßt (Vorderseite), während alle übrigen Teile entgegengesetzt liegen. Die lotrechte Stellung des Chassis bedingt eine waagerechte Lage der Bauteile, was aber nicht nachteilig ist, auch nicht bei Röhren. Lediglich Netzgleichrichterröhren müssen ihres verhältnismäßig langen Heizfadens wegen senkrecht stehen. Für die Dauer der Montage- und Verdrahtungsarbeiten bringt man an jeder Ecke des Gestells eine nach vorn zeigende längere Schraube oder einen Gewindebolzen an, damit man es auf dem Arbeitstisch besser aufstellen kann. Bevor man es dann in das Gehäuse einbaut, werden die Schrauben wieder entfernt.

Der Vorteil des Flachchassis ist, daß es sich leicht herstellen läßt. Es eignet sich allerdings nur für kleinere Geräte. Bei größeren Aufbauten würde infolge des Gewichtes der seitlich liegenden Teile ein nicht unbeträchtliches Kippmoment gegeben sein. Für solche Geräte kommt daher besser ein Aufbaugestell nach Bild 53 in Betracht, das man aus einem Stück biegen kann. Hier werden die Bedienungsorgane an der Stirnseite befestigt, während die übrigen Teile ihren Platz auf der Oberseite erhalten. Anschlußbuchsen montiert man an der Rückseite. Um das Chassis im Gehäuse festschrauben zu können, werden Stirn- und Rückseite unten durch zwei abge-

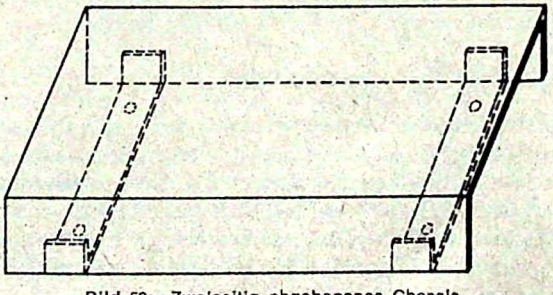
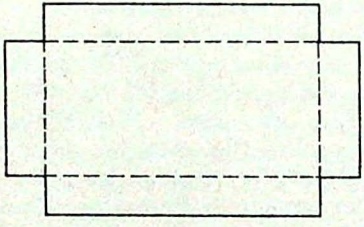


Bild 53: Zweiseitig abgebogenes Chassis

winkelte Aluminiumstreifen verbunden, von denen jeder mit zwei Gewindelöchern M 4 versehen ist. Diese Streifen erhöhen zugleich die Festigkeit des Gestells.

Für Geräte, die besonders stabil aufgebaut werden sollen, wird man ein vierseitig abgebogenes Chassis bevorzugen, das ebenfalls aus einem Stück hergestellt werden kann. Der Zuschnitt des Bleches ist in Bild 54 gezeigt. Die Seitenwände werden innen durch Winkel miteinander verschraubt.

Wer nicht in der Lage ist, Biegearbeiten auszuführen, kann die Chassis Bild 53 und 54 auch aus mehreren Teilen zusammensetzen, die er durch Winkel und Schrauben miteinander verbindet.



---=*Biegekanten*

Bild 54: Blechzuschnitt für ein vierseitig abzubiegendes Chassis

Die Aussparungen und Durchbrüche zur Montage der Bauteile müssen selbstverständlich vor dem Biegen bzw. vor dem Zusammensetzen des Gestells angebracht werden.

3. Zuschneiden von Aluminiumblechen

Sofern es sich um kürzere Schnittlängen handelt, kann man die für das Chassis benötigten Aluminiumbleche ohne weiteres mit der Laubsäge zuschneiden. Hierzu ist allerdings ein etwas grobes Sägeblatt erforderlich. Es empfiehlt sich, das Blech an der Schnittlinie gut mit Spiritus zu benetzen (kleiner Pinsel), damit die Säge das Metall leichter angreift.

Hat man größere Bleche zu schneiden, so schraubt man die Platte unter Zwischenlage von je einem Stückchen Sperrholz mittels zweier Schraubzwingen am Tisch fest. Man läßt dabei das abzuschneidende Stück über die Tischkante hinausragen und arbeitet mit der Metallsäge (Bügelsäge), die mit beiden Händen gefaßt wird. Ist die Schnittlinie so lang, daß man das Blech von einer Seite her nicht ganz durchsägen kann, weil der Bügel nach Erreichen einer bestimmten Schnittiefe an den Werkstoff anschlägt, muß eben von beiden Seiten geschnitten werden. Auch bei der Metallsäge erleichtert Spiritus das Arbeiten sehr.

4. Anbringen von Löchern und Aussparungen

Zur Montage der Bauelemente muß die Chassisplatte mit einer Anzahl von Löchern verschiedener Durchmesser und oft auch mit unrunden Aussparungen versehen werden, in die man die Teile dann einsetzt. Mit den handelsüblichen Handbohrmaschinen können Löcher bis zu 12 oder höchstens 13 mm gebohrt werden. Das reicht zwar für Potentiometer, Hartpapier-Drehkondensatoren und Einbauschalter aus, nicht aber für Röhrenfassungen und Elektrolyt-Kondensatoren. Hier muß man sich also auf andere Weise helfen.

Bei Löchern, die nur wenig größer als der stärkste vorhandene Bohrer sein müssen, wird man so vorgehen, daß man mit diesem vorbohrt und anschließend den Rest ausfeilt. Muß das Loch jedoch wesentlich größer sein, ist es ratsamer, die auszuschneidende Rundung zunächst mit einem Zirkel anzureißen und dann am inneren Rand des Kreises dicht an dicht 2 — 3 mm starke Löcher zu bohren (Bild 55). Danach werden die zwischen den Löchern verbliebenen Stege mit einem nicht zu breiten Meißel eingekerbt. Anschließend läßt sich das zu entfernende Stück leicht mit dem Hammer herausschlagen. Die stehengebliebenen Zacken beseitigt man durch Feilen. Das Meißeln muß selbstverständlich auf einer

festen Unterlage geschehen, am besten auf einer Stahlplatte, da sich so das Blech nicht verziehen kann.

Es ist auch möglich, die Löcher und Aussparungen mit der Laubsäge auszuschneiden. Man hat hierbei den Vorteil, daß kein Zackenrand verbleibt und somit kaum nachgefeilt werden muß.

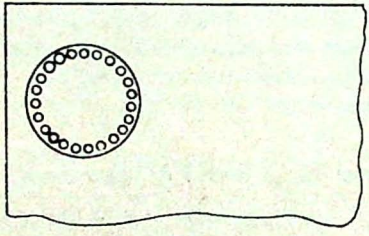


Bild 55: Zum Herstellen von Durchbrüchen

Wer über Reibahlen verfügt, braucht die Löcher nur mit einem verhältnismäßig kleinen Bohrer vorzubohren, um sie dann entsprechend weit aufzureiben. Am besten sind hierzu Ahlen ohne Heft geeignet, die einen Vierkantansatz besitzen und in den Schraubstock eingespannt werden können. Bei diesen Ahlen wird zum Aufweiten nicht das Werkzeug, sondern das Werkstück bewegt, wozu wegen des längeren Hebelarmes nur ein geringer Kraftaufwand nötig ist.

5. Biegen und Winkeln

Zum sauberen Abkanten des Aufbaugestells ist in jedem Fall eine Biegebank (Abkantmaschine) erforderlich. Wer das Chassis also aus einem Stück anfertigen möchte, wird das Biegen in einer Schlosserei oder in einer Klempnerei ausführen lassen, die mit einer solchen Bank ausgerüstet ist. Die aufzuwendende Arbeitszeit wird in den meisten Fällen nur kurz sein, so daß die Kosten in bescheidenen Grenzen bleiben dürften.

Ist eine solche Werkstatt nicht am Ort, so wird der Praktiker das Chassis eben aus mehreren Teilen herstellen und diese mit Hilfe von Winkeln zusammenschrauben. Er kann dazu für jede Kante entweder eine durchgehende Schiene aus Winkelaluminium bzw. -Eisen oder aber, entsprechend der Größe des Gestells, eine bestimmte Anzahl von Einzelwinkeln verwenden.

Derartige Einzelwinkel sowie Montagewinkel für Bauteile können leicht selbst angefertigt werden. Hierzu schneidet man aus einer Aluminiumplatte kleine Streifen aus, spannt sie unter Zwischenlage von zwei Sperrholzbrettchen in den Schraubstock ein und kantet sie mit einem Holz- oder Kunststoffhammer ab. Das Sperrholz soll lediglich verhindern, daß sich die rauhen Schraubstockbacken in das Aluminium eindrücken.

C. Verdrahten und Schalten

1. Abisolieren von Schaltdrähten

Beim Abisolieren von Leitungen wird manchmal recht unsachgemäß die Isolierung mit senkrecht zum Leiter stehendem Messer ringsum eingeschnitten und dann abgezogen. Hiergegen ist einzuwenden, daß dabei ja nicht allein die Isolierung, sondern zwangsläufig auch der Draht eingeschnitten wird. Es bedarf dann nur einigen Biegens daran, um ihn abbrechen zu lassen. Richtig ist das Abisolieren bei kunststoffumhüllten Leitungen in der Weise vorzunehmen, daß man die zu entfernende Isolierung stückweise abschneidet. Das Messer ist hierbei so zu halten, das seine Schneide zum Drahtende zeigt, die Klinge also fast parallel zum Leiter liegt. Bei Leitungen mit Gewebeisolation, den sogenannten SUL-Drähten, ist zum Abisolieren ein Messer überhaupt nicht erforderlich. Hier wird die Isolation mit einer Flachzange einge-

drückt, so daß sie aufplatzt. Die verbleibenden Gespinstreste werden mit der Schere abgeschnitten.

Statt des Messers bzw. der Flachzange und der Schere kann für beide Arten von Schaltdrähten auch eine Abisolierzange benutzt werden, die für die verschiedenen Drahtstärken mit einer verstellbaren Öffnung versehen ist. Mit einer solchen Zange zwickt man die Isolierung ein und reißt sie dann ab.

Zum Verdrahten von Rundfunk- und elektronischen Geräten eignen sich am besten Drähte mit einem Leiterdurchmesser von 0,5 — 0,8 mm. Für Heizleitungen sollte man einen Durchmesser von 0,8 mm wählen, um den Spannungsabfall möglichst klein zu halten. Solche Leitungen werden verdrillt verlegt, da so geringere Brummeinstreuungen auftreten.

2. Löten — aber richtig!

Einwandfreie Lötverbindungen können nur unter der Voraussetzung hergestellt werden, daß die zu verbindenden Teile metallisch blank, also frei von Oxydschichten sind. Bei neueren Bauelementen ist dies durchweg der Fall, bei älteren hingegen sind die Lötfahnen manchmal schon etwas oxydiert. Sie müssen daher zuvor mit einem Messer oder mit einer kleinen Feile blankgeschabt werden.

Für Lötungen in der Radiotechnik und in der Elektronik kommt ausschließlich Fadenzinn mit Kolophoniumeinlage in Betracht, und zwar vorwiegend in einer Stärke von 1 mm. Das Kolophonium dient als Flußmittel. Vor der eigentlichen Lötung erwärmt man die Stelle kurz mit dem Kolben, führt dann mit der anderen Hand das Zinn an sie heran, wobei selbsttätig zunächst etwas Kolophonium auf sie übergeht, und läßt anschließend das Lot gut durchfließen. Danach wird der Kolben sogleich wieder entfernt. Es wäre falsch, das Lot zuvor auf die Kolbenspitze zu geben, da dann das Kolophonium sogleich versprühen und verdampfen würde. Man hüte sich vor sogenannten kalten Lötstellen, die dadurch entste-

hen, daß man die zu verbindenden Drähte usw. nicht lange genug erwärmt, um das Zinn richtig zum Fließen zu bringen. Sie gewährleisten keine zuverlässige Verbindung und sind daher oftmals die Ursache schwer auffindbarer Wackelkontakte.

Zum einwandfreien Löten muß die Kolbenspitze immer sauber verzinnt sein. Sie ist daher von Zeit zu Zeit mit einem Messer oder mit einer Feile von Schmutz zu reinigen und neu mit Zinn zu überziehen.

Lötfett oder gar Lötwasser sollten in der Radiotechnik und in der Elektronik nicht als Flußmittel verwendet werden. Diese Mittel greifen infolge ihres Säuregehaltes die Lötstelle im Laufe der Zeit an und führen manchmal sogar zur Bildung von Grünspan.

3. Biegen von Ösen

Neben Lötverbindungen kommen in der Praxis auch Schraubverbindungen vor, bei denen der anzuschließende Draht unter eine Schraube oder eine Mutter zu klemmen ist. In solchen Fällen muß die Leitung am Ende zu einer Öse gebogen werden, an der man sie festschrauben kann. Man bedient sich dazu einer Rundzange, mit der zunächst eine geschlossene Rundung nach Bild 56a gebogen wird, an der man dann noch einen Knick gemäß Bild 56 b anbringt.

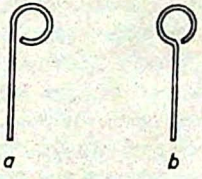


Bild 56: Zum Biegen von Ösen

Beim Festschrauben muß die Öse so unter dem Schraubenkopf liegen, daß sie nicht wieder aufgedreht werden kann. Das Ende der Öse hat also in die Drehrichtung der Schraube zu zeigen.

4. Das Klemmen von Schaltlitzen

Außer Volldrähten kommen beim Verdrahten gelegentlich auch Litzen zur Anwendung. Will man mit ihnen Klemmverbindungen herstellen, so muß man die Enden vorher verzinnen. Auf diese Weise bekommen die einzelnen Drähtchen einen festen Zusammenhalt und die Litze wird steif. Es lassen sich jetzt leicht Ösen biegen und zuverlässige Schraubverbindungen herstellen.

Sollen dünnere Litzen an Klemmen angeschlossen werden, bei denen nicht der Kopf, sondern der Fuß der Schraube auf die Leitung drückt (z. B. Lüsterklemmen), so sollte man das Litzenende zunächst ein- bis zweimal umknicken und erst dann verzinnen. Hierdurch ergibt sich ein besserer Sitz in der Klemme. Außerdem kann die Litze nicht so leicht durch die Schraube abgequetscht werden.

5. Lötleisten

Beim Verdrahten von Geräten sind die Widerstände, Kleinkondensatoren und Halbleiter so anzubringen, daß sie einen festen Halt haben. Sie sollten auf keinen Fall frei eingelötet werden. Der hierdurch bedingte „Drahtverhau" würde nicht nur einen unschönen Anblick bieten, sondern infolge seiner Unstabilität auch die Betriebssicherheit herabsetzen.

Man kann diese Bauelemente auf Lötleisten setzen, die am Chassis festgeschraubt werden. Solche Leisten geben den Teilen einen sicheren Halt und ermöglichen zugleich eine übersichtliche Verdrahtung, da man so zum Schalten nicht drei, sondern nur zwei Dimensionen braucht. Lötleisten sind für

wenig Geld im Handel erhältlich. Sie werden in Keramik- und in Hartpapierausführung mit Polzahlen bis zu 20 angeboten und können somit eine ganze Reihe von Bauteilen aufnehmen.

Den gleichen Zweck erfüllen Lötfahnenbrettchen, die man in den jeweils erforderlichen Abmessungen leicht selbst anfertigen kann. Hierzu schneidet man sich ein Stück Hartpapier zu (1 — 1,5 mm dick), versieht es gemäß Bild 57 mit Bohrungen, die 6 — 8 mm vom Rand entfernt sind, und nietet mit einem Hammer und einem Körner Lötfahnen ein. Die Bauelemente werden dann je an zwei sich gegenüberliegenden Fahnen angelötet.

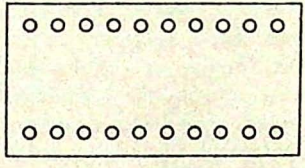


Bild 57: Zur Anfertigung von Lötfahnenbrettchen

Liegt jedoch ein Widerstand oder ein Kondensator in einem Leitungszug, der aus hochfrequenztechnischen Gründen möglichst kurz sein muß, so ist es natürlich richtiger, diesen nicht mit auf die Lötleisten zu setzen, sondern ihn unmittelbar in die Schaltung einzufügen.

6. Lochrasterplatten

Eine weitere Möglichkeit, Kleinteilen einen sicheren Halt im Gerät zu geben, ist die Verwendung von Lochrasterplatten. Solche Platten bestehen aus Hartpapier und sind in einem gleichmäßigen Raster mit Löchern versehen. An denjenigen Punkten, an denen man die Teile anbringen möchte, werden zum Einlöten Lötfahnen oder Hohlnieten eingesetzt. Notfalls kann man auch einfach die Anschlußdrähte der Bauelemente

durch die Löcher hindurchstecken. Diese werden dann an der anderen Seite der Platte umgebogen und gekürzt. Der Knickwinkel sollte nicht mehr als etwa 70° betragen, damit man nachher ein leichteres Löten hat.

7. Montageplatten mit Hohlnieten

Recht sauber wirkt ein Gerät, dessen Kleinteile auf einer Hartpapierplatte angebracht sind, die Hohlnieten als Befestigungspunkte enthält. Um eine solche Platte anzufertigen, ist es zunächst erforderlich, die günstigste Lage dieser Punkte zu ermitteln. Dies geschieht am besten durch Probieren. Man legt dazu alle Teile auf einen Bogen Papier und gruppiert sie so, daß man mit einer möglichst kleinen Fläche auskommt. Danach zeichnet man die Punkte an, schneidet die erforderliche Fläche aus dem Papier aus und sägt ein gleich großes Stück von einer Hartpapierplatte ab. Nun wird das Papier auf das Pertinax gelegt und jeder einzelne Punkt mit einem Vorstecher oder mit einer Reißnadel auf das Hartpapier übertragen.

Die Anschlußdrähte der Bauteile werden rechtwinklig abgebogen, durch die Nieten hindurchgesteckt und auf der anderen Seite nur so weit gebogen, daß die Teile nicht wieder herausfallen können. Das Löten erfolgt erst dann, wenn alle zu einer Niete gehörenden Verbindungsleitungen ebenfalls eingeführt sind. Würde man die Bauelemente vorher schon allein anlöten, hätte man einige Mühe, nachher noch die Leitungen in die Löcher zu bringen. Die Bauteile werden auf der oberen, die Verbindungsleitungen auf der unteren Plattenseite angebracht.

8. Platten mit Leiterbahnen

Bei Verwendung von Platten mit einseitig aufgedruckten Leiterbahnen entfällt das Anbringen von Lötfahnen bzw. Hohlnieten. Solche Platten sind mit gleichmäßig verteilten

Löchern inmitten der Bahnen und ungelocht lieferbar. Bei der zweiten Ausführung werden die Bohrungen (ca. 1 mm ϕ) je nach Bedarf selbst angebracht. Die Bauteile sind von der unbedruckten Seite her einzusetzen und an die Bahnen anzulöten. Diese können mit einem Messer oder mit einer Feile unterbrochen werden. Ein Spalt von etwa 0,5 mm Breite ist für Spannungen bis zu 100 V völlig ausreichend. Bei höheren Spannungen wählt man besser eine Breite von 1 mm, um Überschläge mit Sicherheit auszuschließen.

Durch die Bahnen ist eine „Verdrahtung" der Bauelemente untereinander schon weitgehend hergestellt. Schaltdrähte brauchen deshalb nur dort noch angelötet zu werden, wo getrennt liegene Bahnenteile Verbindung miteinander erhalten müssen.

9. Gedruckte Schaltungen

Völlig ohne Drähte lassen sich Baugruppen herstellen, be denen die gedruckte Schaltung angewendet wird. Sie ist de. verhältnismäßig umfangreichen Vorarbeiten wegen zwar erst bei größeren Stückzahlen im eigentlichen Sinne lohnend. Trotzdem wird ihr selbst bei Einzelfertigung vom Praktiker oftmals der Vorzug gegeben, weil sich mit ihr sehr sauber aussehende Geräte aufbauen lassen.

Ausgangswerkstoff der gedruckten Schaltung ist Hartpapier mit einseitig aufkaschierter Kupferfolie. Diese Folie wird nach einer zuvor anzufertigenden Zeichnung zum Teil weggeätzt, so daß lediglich die gewünschten Leiterbahnen übrigbleiben. Das Material und alle erforderlichen Hilfsmittel, wie Ätzstoff, Abdeck- und Schutzlack, sind in Geschäften für elektronische Bauteile erhältlich. Eine Anleitung wird mitgeliefert. Von einer Beschreibung der einzelnen Arbeitsvorgänge kann deshalb in vorliegendem Buch Abstand genommen werden.

10. Befestigen des Netzanschlußkabels

Beim Anbringen der Netzanschlußschnur genügt es nicht, ihre Enden im Gerät anzulöten. Sie muß an ihren Anschlußpunkten zugentlastet sein, damit sie nicht abgerissen werden kann. Man befestigt das Kabel deshalb mit einer zweilappigen Überlagschelle aus Kunststoff (Bild 58) und zwei Schrauben am Chassis.

Um zu verhindern, daß sich die Schelle in das Kabel eindrückt, umwickelt man dieses an der Auflagestelle mit einigen Lagen Isolierband.

Bild 58: Schelle für Netzanschlußschnur

D. Werkstattwinke

1. Schmiermittel erleichtern das Bohren

Zum Bohren von Metallen werden vorwiegend Spiralbohrer benutzt. Bei Anwendung von Bohrflüssigkeiten, sogenannten Schmiermitteln, wird die Arbeit sehr erleichtert, weil so der Bohrer das Material besser angreift. Außerdem wird er auf diese Weise etwas gekühlt.

Die Schmiermittel für die verschiedenen Metalle sind:

Metall	Schmiermittel
Aluminium	Spiritus
Eisen	Seifenwasser (milchig aussehende Lösung von Seife in Wasser)
Kupfer	Öl
Zink	Spiritus

Die Bohrflüssigkeit wird vor dem Bohren mit einem kleinen Pinsel auf die Bohrstelle aufgetragen. Bei größeren Materialdicken benetzt man den Werkstoff noch einigemal während des Bohrens.

2. Oberflächenbearbeitung von Aluminium

Um ein besseres Aussehen der Oberflächen von Aluminiumblechen zu erzielen, was insbesondere bei Frontplatten wünschenswert ist, kann man folgendes Verfahren anwenden: Man schmirgelt die Platte mit feinem Schmirgelpapier ab, und zwar in der Weise, daß man an einer Ecke beginnt, kreisförmige Kräuselungen anzubringen. Man fährt damit parallel zur Kante bis zum Ende des Bleches fort, ohne das Schmirgelpapier abzusetzen. Danach wird Reihe für Reihe unter dem bereits durchlaufenen Teil der Oberfläche fortgefahren, bis die ganze Plattenseite mit dem Kräuselmuster bedeckt ist. Sodann wäscht man das Blech unter fließendem Wasser mit einem reinen Lappen und unter Zuhilfenahme eines Waschmittels wie Sunil oder Rei sauber ab, spült es gut nach und läßt es trocknen. Zum Schluß wird die gekräuselte Seite mit Zaponlack (Metallfirnis) überstrichen, so daß sie gegen Fingerabdrücke und sonstige Verunreinigungen imprägniert ist.

3. Anbringen von Schrauben an schwer zugänglichen Stellen

In der Praxis kommt es häufig vor, daß Schrauben an schwer zugänglichen Stellen eingedreht werden müssen. Es wird dabei oft so vorgegangen, daß man die Schraube mit ihrem Schlitz auf die Schneide eines passenden Schraubenziehers setzt und dann versucht, sie so an die betreffende Stelle heranzuführen. Vielfach fällt sie aber schon auf halbem Wege wieder ab, und es kann verhältnismäßig lange dauern, bis man endlich am Ziel ist.

Die Arbeit geht viel leichter vonstatten, wenn man den Schraubenschlitz zuvor mit Kabelkitt ausfüllt, wie er vom Elektro-Installateur zum Abdichten der Kabeleinführungen an Schaltern und Abzweigdosen bei Feuchtraumleitungen benutzt wird. Drückt man den Schraubenzieher dann in die Kittfüllung, so bekommt die Schraube einen festen Sitz und kann kaum noch von der Klinge abfallen.

In diesem Zusammenhang mag noch erwähnt sein, daß es auch sogenannte Festhalte-Schraubenzieher gibt. Sie sind so konstruiert, daß man die Schneide spreizen und im Schraubenschlitz festklemmen kann. Derartige Schraubenzieher eignen sich natürlich am besten zu solchen Arbeiten.

4. Kürzen von Gewindeschrauben

Soll eine Gewindeschraube gekürzt werden, so schraubt man zunächst eine Mutter auf sie auf und zwickt dann das überflüssige Stück mit einer Zange ab. Danach wird die Schraube mitsamt der Mutter zwischen zwei Sperrholzbrettchen in den Schraubstock gespannt und das Ende glatt gefeilt. Dreht man jetzt die Mutter wieder ab, so schneidet sie dabei die Gewindegänge am Schraubenende, die durch das Kürzen etwas verletzt wurden, neu ein und nimmt zugleich den Grat fort. Nunmehr kann die Schraube beim Eindrehen in ein Gewindeloch oder in eine Mutter wieder leicht fassen.

5. Einziehen von Holzschrauben in Hartholz

Zum Einziehen von Holzschrauben in Hartholz ist es bekanntlich notwendig, das Holz mit einem Nagelbohrer genügend tief vorzubohren. Trotz dieser Vorarbeit sitzt die Schraube manchmal schon nach wenigen Umdrehungen so fest, daß sie sich nur unter größter Mühe weiterdrehen läßt. Dies hat seinen Grund in der geringen Nachgiebigkeit des Holzes, die einen beträchtlichen Reibungswiderstand verursacht. Wendet

man zu große Gewalt an, so reißt die Schraube leicht ab oder es bricht gar die Klinge des Schraubenziehers aus. Der Reibungswiderstand läßt sich indessen bedeutend herabsetzen, wenn man den Schraubenschaft sowie das vorgebohrte Loch zuvor mit ein wenig Seife — nach Möglichkeit Schmierseife — „gängig" macht.

6. Verlängern von Bedienungsachsen

Zum Verlängern der Bedienungsachsen von Potentiometern, Drehkondensatoren und Drehschaltern ist es üblich, mittels einer sogenannten Achskupplung (Kupplungsmuffe) ein entsprechend langes Stück Rundeisen oder -Messing von 6 mm ϕ an die Achse anzusetzen. Der Zusammenhalt wird durch zwei Madenschrauben der Muffe besorgt, die auf die beiden Achsenden drücken.

Eine solche Verbindung kann nur dann dauerhaft sein, wenn man vorher auf jedes der Achsenden eine Fläche gefeilt hat. Nur so finden nämlich die Madenschauben genügend Halt, um auch bei stärkerer Beanspruchung der Achse, was insbesondere für Schalter zutrifft, nicht zu verrutschen. Wer ein übriges tun will, kann die beiden Madenschrauben noch durch je einen Tropfen Lack sichern.

7. Beschriften von Frontplatten

Frontplatten von Prüf- und Meßgeräten können in einfacher Weise beschriftet werden, indem man die anzubringenden Bezeichnungen entweder in Normschrift oder mit der Schreibmaschine in Abständen von etwa 2 cm auf ein Blatt Zeichenpapier schreibt. Die einzelnen Textgruppen werden mit je einem Streifen klaren Tesafilms beklebt. Anschließend

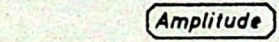


Bild 59: Beschriftungsschildchen für Frontplatten

wird das Papier mitsamt der aufgebrachten Schutzschicht zu Schildchen geschnitten, deren Form aus Bild 59 hervorgeht. Diese Schildchen werden an den zu bezeichnenden Stellen der Frontplatte dann mit Uhu oder dergleichen festgeklebt.

Wer eine saubere Handschrift hat, kann die Bezeichnungen auch unmittelbar mit schwarzer Tusche (am besten wasserfester Stempelfarbe) und Kugelspitzfeder auf die Frontplatte schreiben.

8. Entgraten von Löchern

Der Grat, der sich beim Bohren von Löchern besonders an der Austrittsstelle des Bohrers bildet, kann leicht mit einem anderen, größeren Spiralbohrer entfernt werden. Hierzu setzt man diesen an der zu entgratenden Seite mit seiner Spitze in das Lochrund ein und dreht ihn mit der Hand unter Anwendung von etwas Druck einige Male herum, so daß der Grat herausgeschält wird.

Besser noch kann mit einem Senker entgratet werden, den man zu diesem Zweck in die Bohrmaschine einspannt.

9. Vereinfachung von Versuchsaufbauten

Der Praktiker steht des öfteren vor der Aufgabe, zur Erprobung von Schaltungen Versuchsaufbauten herzustellen. Hierbei ist es wünschenswert, den Aufbau, der ja nicht von Dauer sein soll, möglichst schnell herzurichten. Gewöhnlich wird dazu ein altes Chassis herangezogen. Dieses besitzt jedoch meist keine passenden Ausparungen und Löcher, um die Bauteile sogleich montieren zu können. Man muß dann in zeitraubender Arbeit zunächst die erforderlichen Durchbrüche anbringen.

Es sei daher auf ein anderes Verfahren hingewiesen, das sich beim Verfasser besonders für kleinere Aufbauten gut bewährt hat. Die Teile werden hier nicht auf einem Chassis,

sondern mit Holzschrauben auf einem Brett aus Weichholz montiert, so daß Aussparungen nicht erforderlich sind. Transformatoren, Drosseln und Lötleisten schraubt man unmittelbar auf das Holz. Zur Befestigung von Potentiometern, Röhrenfassungen, Elektrolyt-Kondensatoren, Schaltern und sonstigen Teilen, die nicht ohne weiteres auf das Brett gesetzt werden können, fertigt man sich einmalig einen Satz Montagewinkel aus Aluminiumblech an. Die Winkel erhalten oben je ein entsprechend großes Loch zur Aufnahme des Bauelementes, unten je zwei Bohrungen zum Festschrauben auf dem Holz (Bild 60), so daß die zuletzt genannten Bauteile nach der Montage waagerecht zu liegen kommen.

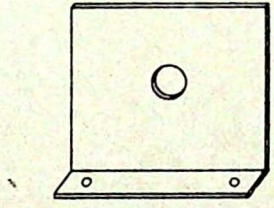


Bild 60: Montagewinkel für Versuchsaufbauten

Dieses System hat gegenüber einem Versuchsaufbau auf einem Chassis noch den Vorteil, daß die Einzelteile auf dem Brett leicht umgruppiert werden können, wenn zwischen den einzelnen Stufen der Schaltung einmal unerwünschte Kopplungen auftreten. Außerdem braucht beim Verdrahten das Versuchsgerät nicht umgedreht zu werden.

LB 2014

Die Lehrmeister-Bücherei

bietet nützliche Anregungen zur Gestaltung der vielfältigsten Liebhabereien in folgenden Sachgebieten:

Allgemeine Wissensgebiete
Aquarienkunde
Autofahren
Basteln
Bauen und Heimwerken
Bienenzucht
Blumen
Häusliche Ratschläge
Elektrotechnik
Farbfernsehen
Segelflugsport
Gartenpflege
Gemüsebau
Geflügel- und Kleintiere
Hunde
Karten- und Gesellschaftsspiele
Obstbau
Pilze
Rundfunktechnik
Rudersport
Schach
Sport
Terrarienkunde
Tiere, verschiedene
Transistortechnik
Vögel
Zierfische

Ein ausführliches Gesamtverzeichnis mit fast 300 Buchtiteln informiert Sie über alle lieferbaren Bücher. Fordern Sie dieses Verzeichnis bitte direkt bei uns an.

Philler Verlag

495 Minden · Postfach